



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX,  
MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÈ**

**Edwin Jacobo Morales López**

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX,  
MUNICIPIO DE CHAJUL,  
EL QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EDWIN JACOBO MORALES LOPEZ**

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÒMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Davila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivònne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÒ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. José Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivònne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX,  
MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÈ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 8 de noviembre de 2006.



EDWIN JACOBO MORALES LOPEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de abril 2008  
Ref. EPS. D. 254.04.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **EDWIN JACOBO MORALES LÓPEZ**, procedí a revisar el **Informe Final**, cuyo título es **“DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores de este municipio.

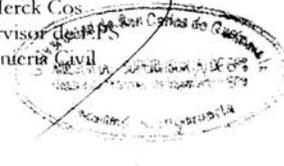
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Ing. Juan Merck Cos  
Asesor – Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



JMC/nader

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de abril 2008  
Ref. EPS. D.254.04.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

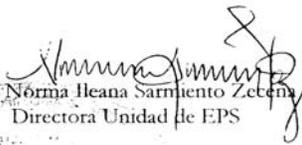
Por este medio atentamente le envío el "DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ" que fue desarrollado por el estudiante universitario EDWIN JACOBO MORALES LÓPEZ, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Heana Sarmiento Zetena  
Directora Unidad de EPS  


NISZ/nader

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
22 de mayo de 2008

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Jacobo Morales López, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
6 de agosto de 2008

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCATARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Jacobo Morales López, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

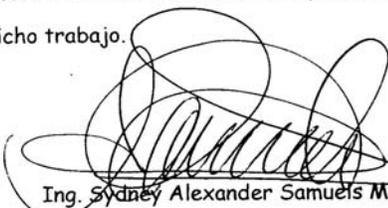
/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Edwin Jacobo Morales López, titulado DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, agosto 2008.

/bbdeb.

Iniversidad de San Carlos  
de Guatemala

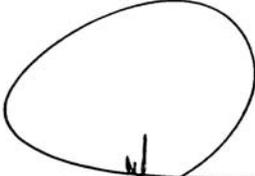


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 277.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ,** presentado por el estudiante universitario **Edwin Jacobo Morales López,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, agosto de 2008



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS CREADOR**

Por permitirme alcanzar tan anhelado triunfo.

### **MIS PADRES**

Edgar Jacobo Morales Maldonado.  
Ruth Maritza López Roldan.  
Por su entrega y confianza.

### **MI HERMANO**

Pedro Luis Morales López.  
Por el amor y respeto que nos une.

### **MIS ABUELITAS**

Amanda Roldan. (D.E.P).  
Eloisa Maldonado. (D.E.P).  
Por ser mi fuente de inspiración y motivación.

### **MI FAMILIA EN GENERAL**

Con gran afecto.

### **MIS COMPAÑEROS**

Por su enérgica y sincera amistad.

### **LOS INGENIEROS**

Raúl Rodríguez y Juan Merck.  
Por su apoyo moral y técnico aportado en esta etapa de formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

### 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Monografía del lugar de Chajul

1.1.1 Reseña histórica.....	1
1.1.2 Localización del municipio.....	2
1.1.3 Ubicación geográfica.....	2
1.1.4 Aspectos topográficos.....	2
1.1.5 Vías de acceso.....	2
1.1.6 Clima.....	3
1.1.7 Colindancias.....	3
1.1.8 Turismo.....	3
1.1.9 Demografía.....	4
1.1.9.1 Población.....	4
1.1.9.2 Tipo de vivienda.....	4
1.1.10 Idioma.....	4
1.1.11 Aspectos económicos.....	5
1.1.12 Instituciones y organizaciones existentes.....	5
1.1.13 Servicios existentes.....	5

**1.2 Investigación sobre necesidades de servicios básicos e  
Infraestructura delugar.**

1.2.1 Descripción de las necesidades.....6  
1.2.2 Priorización de necesidades.....7

**2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

**2.1 Diseño de la red de alcantarillado sanitario para aldea Xix**

2.1.1 Descripción del proyecto.....8  
2.1.2 Levantamiento topográfico.....8  
    2.1.2.1 Planimetría.....9  
    2.1.2.2 Altimetría.....9  
2.1.3 Período de diseño .....9  
2.1.4 Cálculo de población futura.....10  
    2.1.4.1 Método geométrico.....10  
    2.2.4.2 Cálculo de población futura.....10  
    2.2.4.3 Ventajas y desventajas método geométrico.....10  
2.1.5 Consideraciones para el diseño del sistema de alcantarillado  
2.1.6 Uso del agua.....11  
2.1.7 Cálculo de caudales.....12  
    2.1.7.1 Factor de retorno.....12  
2.1.8 Caudal domiciliar.....12  
2.1.9 Caudal comercial.....12  
2.1.10 Caudal de conexiones ilícitas.....13  
2.1.11 Caudal industrial.....14  
2.1.12 Caudal de infiltración.....14  
2.1.13 Factor de caudal medio.....14  
2.1.14 Velocidad de flujo.....15

2.1.15	Tirante o profanidad de flujo.....	15
2.1.16	Factor de Harmond.....	15
2.1.17	Caudal de diseño.....	16
2.1.18	Principios hidráulicos.....	16
2.1.18.1	Ecuación de Manning.....	16
2.1.18.2	Ecuación a sección llena.....	18
2.1.18.3	Ecuación a sección parcialmente llena.....	19
2.1.18.4	Relaciones hidráulicas.....	19
2.1.19	Diseño de secciones y pendientes.....	20
2.1.20	Diámetro de tuberías.....	21
2.1.21	Cotas Invert.....	21
2.1.22	Pozos de visita.....	22
2.1.22.1	Especificaciones para pozos de visita.....	22
2.1.23	Conexiones domiciliarias.....	23
2.1.23.1	Caja o candela.....	23
2.1.23.2	Tubería secundaria.....	24
2.1.24	Profundidad de tubería.....	25
2.1.25	Volumen de excavación.....	26
2.1.26	Ejemplo de diseño hidráulico de un tramo.....	27
2.1.27	Planteamiento del desfogue.....	34
2.1.28	Propuesta de tratamiento Generalidades.....	34
2.1.28.1	Características del agua residual.....	34
2.1.28.2	Características de los residuos.....	35
2.1.28.3	Cantidades de sólidos.....	36
2.1.28.4	Modo de descomposición.....	36
2.1.28.5	Descripción de tratamientos.....	36

2.1.28.6	Fosa séptica.....	38
2.1.28.6.1	Funciones de la fosa séptica.....	38
2.1.28.6.2	Diseño de fosa séptica.....	39
2.1.29	Plan de operación y mantenimiento.....	44
2.1.29.1	Inspección.....	44
2.1.29.2	Limpieza.....	45
2.1.29.3	Mantenimiento.....	46
2.1.29.4	Desinfectantes.....	46
2.1.29.5	Precauciones.....	47
2.1.30	Planos.....	48
2.1.31	Presupuesto de la obra.....	48

## **2.2 Diseño de edificio escolar de dos niveles aldea Xix**

2.2.1	Descripción del proyecto.....	49
2.2.2	Terreno disponible.....	50
2.2.2.1	Localización del terreno.....	50
2.2.2.2	Topografía del terreno.....	50
2.2.3	Suelo.....	50
2.2.3.1	Definición de suelo y roca.....	50
2.2.3.2	Capacidad del suelo.....	51
2.2.4	Normas de diseño.....	53
2.2.4.1	Criterios generales.....	53
2.2.4.2	Criterios de conjunto.....	53
2.2.4.3	Criterios de iluminación.....	54
2.2.4.4	Otros criterios.....	56
2.2.5	Diseño arquitectónico.....	57

2.2.6	Diseño estructural.....	59
2.2.6.1	Análisis estructural.....	59
2.2.6.2	Predimensionamiento.....	59
2.2.6.3	Modelos matematicos.....	63
2.2.6.4	Cargas aplicadas a los marcos.....	64
2.2.6.4.1	Cargas horizontales corte basal.....	64
2.2.6.4.2	Cargas verticales.....	65
2.2.6.5	Análisis de marcos.....	77
2.2.6.6	Envolvente de momentos.....	83
2.2.6.7	Diagrama de corte en marcos.....	85
2.2.7	Dimensionamiento estructural	
2.2.7.1	Diseño de losa.....	87
2.2.7.2	Diseño de vigas.....	94
2.2.7.3	Diseño de columna.....	98
2.2.7.4	Diseño de nudo.....	106
2.2.7.5	Diseño de zapata.....	108
2.2.8	Planos.....	110
2.2.9	Presupuesto.....	111
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>117</b>
	<b>APÉNDICE.....</b>	<b>119</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Área de sección parcial.....	19
2.	Conexión domiciliar.....	23
3.	Profundidad de tubería.....	25
4.	Volumen de excavación.....	26
5.	Diagrama de empuje.....	41
6.	Diagrama de presiones.....	43
7.	Diagrama de presiones en el fondo del tanque.....	43
8.	Área tributaria para columna.....	60
9.	Planta de edificio.....	62
10.	Elevación de marco en sentido Y.....	63
11.	Elevación de marco en sentido X.....	63
12.	Simetría del edificio escolar.....	69
13.	Área tributaria para viga.....	74
14.	Cargas actuantes en el marco típico.....	76
15.	Cargas actuantes en el eje B.....	76
16.	Momentos producidos por carga muerta.....	82
17.	Momentos producidos por carga viva.....	83
18.	Momentos producidos por carga sísmica .....	83
19.	Diagrama de momentos últimos en eje X vigas.....	84
20.	Diagrama de momentos últimos en eje X columnas.....	84
21.	Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas.....	85
22.	Carga actuante en viga.....	85
23.	Diagrama de corte último en eje X vigas.....	86
24.	Diagrama de corte último en eje X columnas.....	86
25.	Diagrama de corte último en vigas y columnas.....	87
26.	Planta típica de distribución de losas.....	87

27.	Planta momentos actuantes en losas.....	89
28.	Planta de momentos balanceados en losas.....	90
29.	Diagrama de momentos y corte último en viga.....	94
30.	Elevación longitudinal de la viga.....	96
31.	Armado final de viga.....	97
32.	Sección de columna.....	102
33.	Armado final de columna.....	105
34.	Diagrama de cuerpo libre de nudo.....	106
35.	Armado de nudo.....	108
36.	Corte simple de zapata.....	111
37.	Área de punzonamiento de zapata.....	111

## **TABLAS**

I.	Coeficientes de rugosidad.....	18
II.	Especificaciones hidráulicas.....	20
III.	Ancho libre de zanja.....	26
IV.	Diseño hidráulico.....	31
V.	Presupuesto Alcantarillado sanitario.....	48
VI.	Calculo de peralte mínimo.....	61
VII.	Calculo centro de rigidez 1er nivel.....	71
VIII.	Fuerza por marco por torsión 1er nivel.....	72
IX.	Centro de rigidez 2do nivel.....	73
X.	Fuerza por torsión 2do nivel.....	73
XI.	Integración de cargas en el eje B.....	75
XII.	Área requerida en losa 1er nivel, eje X.....	93
XIII.	Área requerida en losa 1er nivel, eje Y.....	93
XIV.	Inercia relativa.....	99
XV.	Presupuesto edificio escolar.....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área
<b>At</b>	Área tributaria
<b>Av</b>	Área de la varilla
<b>Cm</b>	Carga muerta
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Cu</b>	Carga última
<b>e</b>	Excentricidad
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>fic</b>	Resistencia última del concreto
<b>Fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>Fcu</b>	Factor de carga última
<b>FH</b>	Factor de Harmond
<b>FQM</b>	Factor de caudal medio
<b>h</b>	Altura
<b>Ha</b>	Hectáreas
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>hrs</b>	Horas
<b>H<sub>viga</sub></b>	Altura de la viga
<b>I</b>	Inercia
<b>L</b>	Longitud
<b>M</b>	Momento
<b>Mb</b>	Momento balanceado
<b>Mcm</b>	Momento de carga muerta
<b>Mcv</b>	Momento de carga viva
<b>Mu</b>	Momento último
<b>P</b>	Carga puntual

<b>Pv</b>	Pozo de visita
<b>q</b>	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata
<b>qmáx</b>	Presión máxima sobre el suelo por debajo de la zapata
<b>q</b>	Caudal de diseño
<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>Qdom</b>	Caudal domiciliar
<b>Qinf</b>	Caudal de infiltración
<b>Rec</b>	Recubrimiento
<b>S</b>	Fuerza de sismo
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>Ton</b>	Tonelada
<b>V</b>	Velocidad a sección llena
<b>v</b>	Velocidad a sección parcial
<b>d</b>	Diámetro a sección parcial
<b>D</b>	Diámetro a sección llena
<b>Viv</b>	Viviendas
<b>W</b>	Peso
<b>Wc</b>	Peso específico del concreto
<b>Cl</b>	Cota invert
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo sobre metro cuadrado
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad de Manning
<b>R</b>	Taza de crecimiento

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación, es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el municipio Chajul, el Quiché, aldea Xix.

El municipio de Chajul, presenta una serie de necesidades, dentro de las cuales figuran, la carencia de edificios escolares formales que brinden un adecuado desarrollo educativo.

Para dar solución en parte a dicho problema, se diseñó, calculó y cuantificó un edificio escolar de dos niveles, el cual está conformado por: siete aulas, un módulo de servicio sanitario, un módulo de gradas, una oficina donde se encuentra la Dirección y secretaria, una cocina y una bodega.

Como parte del proceso de diseño del edificio, se realizó un estudio de suelo, que constituye un ensayo triaxial de corte directo, no drenado y no consolidado, con este ensayo se determinó que el suelo es un limo arenoso de color café oscuro, para el análisis estructural se utilizó el paquete de computación ETABS 8 Nonlinear, que trabaja por un método finito, En lo que se refiere al dimensionamiento de la estructura, se emplearon los requerimientos que establece el American Concrete Institute (ACI).

Otra de las necesidades del municipio son las aguas servidas, las cuales corren a flor de tierra y producen contaminación, generando enfermedades a los pobladores. Para mejorar las condiciones de salud en el municipio, se diseñó, calculó y cuantificó una red de alcantarillado sanitario; además, un tratamiento primario que consiste en fosas sépticas. Las aguas residuales son exclusivamente de uso doméstico, ya que no existe en la comunidad ningún tipo de industria.

## OBJETIVOS

- ♦ **General**

- Diseñar el edificio escolar y red de alcantarillado sanitario para la aldea Xix, municipio Chajul, El Quiche.

- ♦ **Específicos**

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y diagnóstica de las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura de la aldea Xix, municipio Chajul, El Quiche.
2. Capacitar a los integrantes del consejo de desarrollo comunitario (CODECO), la aldea Xix, sobre aspectos de mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario.

## INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población en las aldeas, municipios y departamentos, de nuestro país, generan necesidades, que se deben resolver con la mayor eficiencia posible. Tal es el caso de la aldea Xix, perteneciente al municipio de Chajul, departamento El Quiché, donde las necesidades prioritarias están orientadas a los servicios básicos, como es alcantarillado sanitario e infraestructura como edificio escolar.

Por lo cual el presente trabajo de graduación, contiene el diseño de la red del alcantarillado sanitario y el edificio escolar de dos niveles para la aldea de Xix.

La necesidad de plantear una solución a la problemática de infraestructura escolar surgió como consecuencia de que la edificación que utilizan como escuela es inadecuada, salones pequeños, además que la población estudiantil ha crecido considerablemente.

En cuanto a la problemática de las aguas residuales en esta aldea, estas corren a flor de tierra, provocando efectos negativos a la población, con la reducción de focos de enfermedades gastrointestinales, contribuye a la propagación de epidemias, además la proliferación de insectos, malos olores, insalubridad, contaminación del entorno ambiental y mal ornato.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía de la cabecera del Municipio de Chajul**

### **1.1.1 Reseña histórica**

Chajul es un pueblo de origen precolonial, fue conquistado pacíficamente por el capitán Don Francisco Castellanos en el año de 1530, cuando este después de vencer a los indios de Nebaj, se dirigió a Chajul.

Etimológicamente su nombre se deriva de Chaj que es Pino, alumbrar, resplandecer. El origen del nombre Chapul, según versiones de los ancianos de la cabecera municipal, se deriva del lugar sagrado donde está ubicado, según ellos, Jul significa lugar encajado de montañas y Tzaj alumbrar, sagrado en idioma Ixil, antes de la conquista por los españoles, se denominaba Tzajul.

Durante la colonia figuró con el nombre de San Gaspar Chajul, como dependiente del curato de Santa María Nebaj, en el partido de Totonicapán, según aparece en el índice alfabético de las ciudades, villas y pueblos del Reino de Guatemala.

### **1.1.2 Localización del municipio**

Está localizado a 274 km de la ciudad capital y aproximadamente a 105 km al norte el departamento de El Quiché. La extensión territorial del municipio es de 1,523km<sup>2</sup>.

### **1.1.3 Ubicación geográfica**

Se encuentra a una altura de 1,991 m sobre el nivel del mar, en la latitud 15°29'00" y longitud 91°02'08".

### **1.1.4 Aspectos topográficos**

El municipio está ubicado entre las altitudes 1500 a 3000 msnm, por lo que el terreno es un 90% ondulado y un 10% plano, asíéndola una región quebrada, debido a que está situada en una sección entre la sierra de los Cuchumatanes.

### **1.1.5 Vías de acceso**

El municipio se comunica con la cabecera departamental de Santa Cruz El Quiché por carretera asfaltada, a los municipios de Cotzal y Nebaj por camino asfaltado. Cuenta con caminos vecinales y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

### **1.1.6 Clima**

La temperatura máxima es de 36° centígrados, la mínima registrada es de 8° centígrados y la media anual de 29.9° centígrados. La precipitación pluvial anual se reporta con 1984 milímetros, en los meses de enero a abril, concentrándose con mayor intensidad durante los meses de junio a septiembre, donde llueve un promedio de 248 días al año.

### **1.1.7 Colindancias**

Al norte: con la república de México e Ixcán; al este: con Uspantán, El Quiché; al sur: San Juan Cotzal, El Quiché; y al oeste: Santa María Nebaj, El Quiché, Santa Eulalia y Santa Cruz Barillas, Huehuetenango.

### **1.1.8 Turismo**

Según INGUAT el municipio de Chajul no cuenta con infraestructura básica para acoger al visitante. La fiesta titular se celebra cada año el 6 de enero y tiene fiesta movable religiosa, cada segundo viernes de cuaresma.

### **1.1.9 Demografía**

#### **1.1.9.1 Población**

Según datos proporcionados por el INE, Chajul tiene un total de 42,000 habitantes.

#### **1.1.9.2 Tipo de vivienda**

La infraestructura de las viviendas del municipio no ha sufrido cambios , sus casas siguen siendo construidas con paredes de adobe, techos de teja.

### **1.1.10 Idioma**

Los pobladores tienen como lengua natural el Ixil, no les importa el lugar en donde se encuentren, se comunican en su idioma maya; hecho muy importante, ya que los otros municipios del triángulo Ixil ( Cotzal y Nebaj ), ya no lo hacen debido a la influencia de otra cultura sobre ellos.

### **1.1.11 Aspectos económicos**

La vida económica del municipio depende de la agricultura, la cual cada vez se ve reducida por un mal manejo de la tierra. La producción agrícola actual es baja obligando a la población a buscar otros medios de subsistencia como lo es el comercio.

### **1.1.12 Instituciones y/o organizaciones existentes**

- Ministerio de Educación (MINEDUC).
- Centro de salud.
- Unión Fenosa.
- Policía Nacional Civil.
- Bomberos Voluntarios.

**1.1.13 Servicios existentes:** la cabecera municipal cuenta con los servicios siguientes:

- Sistema de agua potable.
- Servicio de energía eléctrica.
- Sistema de drenaje sanitario.

## **1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de tal lugar.**

### **1.2.1 Descripción de las necesidades**

- Mejoramiento de calles: las calles que se localizan en el municipio son de empedrado y terracería, en verano las calles de terracería no presentan problemas, pero en época de invierno, se vuelven intransitables debido a que el lugar presenta mucha arcilla.
- Carencia de edificios escolares, las edificaciones existentes se encuentran en malas condiciones.
- Servicios de agua potable: aldeas, caseríos y cantones no poseen agua, esto ha perjudicado a la población que se ve obligada a caminar grandes distancias para obtener el vital líquido, la falta de este servicio ha ocasionado enfermedades gastrointestinales a las comunidades.
- Sistema de alcantarillado sanitario: los lugares que sí cuentan con un sistema de agua potable, tienen problemas con la disposición de las aguas residuales, lo que obliga a la población a desfogar las aguas negras a orillas de la calle, provocando que personas se contaminen al respirar los malos olores y al contacto con ella. Este problema es una de las causas que genera enfermedades y epidemias, sobre todo en los niños.

### **1.2.2 Priorización de las necesidades**

1. Sistema de alcantarillado sanitario: fue una propuesta de parte de la comunidad interesada, la administración municipal acordó con la comunidad, la planificación del proyecto, con la condición que ellos prestaran toda la ayuda necesaria para los trabajos preliminares, tales como la medición topográfica y derechos de paso, en caso que pasara la tubería del drenaje.
2. Edificación escolar de dos niveles: para la planificación de este proyecto, se contó con la solicitud de los maestros y vecinos aledaños al lugar, proponiendo mejores condiciones al establecimiento educativo o trasladar el establecimiento a otro sector, para la comodidad de la comunidad.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Xix.**

#### **2.1.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, el cual estará conformado por red principal, pozos de visita, conexiones domiciliarias y propuesta al tratamiento de las aguas residuales, la tubería será de P.V.C norma 3034, para satisfacer a la población actual de 2325 habitantes.

#### **2.1.2 Levantamiento topográficos**

El levantamiento topográfico para un sistema de alcantarillado sanitario es la base fundamental para definir el diseño, ya que tiene por objeto medir extensiones de terreno, determinar posición y elevación de puntos situados sobre y bajo la superficie de terreno.

##### **2.1.2.1 Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación. En la planimetría del proyecto se aplicó el método conservación de azimut, para el trabajo se utilizó un teodolito marca Sokkia DT-5, estadía y cinta métrica.

### **2.1.2.2 Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que conjuntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. El equipo que se utilizó fue un nivel autonivelante, marca Wild, estadía y cinta métrica.

### **2.1.3 Período de diseño**

Es el tiempo que el drenaje puede satisfacer la demanda de la población debido a su crecimiento. El período de diseño oscila entre 20 a 30 años, depende de la economía del lugar y de la vida útil de los materiales.

El sistema de alcantarillado debe de adecuarse durante un período determinado para que su funcionamiento sea eficiente. Para este caso se optó por un período de 21 años.

### **2.1.4 Cálculo de población futura**

El método a utilizar para determinar la población futura es el método geométrico.

#### **2.1.4.1 Método geométrico**

$$p_f = p_a(1 + r)^n$$

$$p_f = \text{población} - \text{futura}$$

$$p_a = \text{población} - \text{actual} = 1045 \text{hab}$$

$$r = \text{tasa} - \text{de} - \text{crecimiento} = 3\%(\text{INE})$$

$$n = \text{años} = 21 \text{años}$$

#### **2.1.4.1.1 Cálculo de población futura (PF)**

$$PF = 1045 \left[ 1 + \frac{3.00}{100} \right]^{20} = 1888 \text{ Hab.}$$

#### **2.1.4.2 Ventajas y desventajas del método geométrico**

- Ventajas: la población en Latinoamérica crece a un ritmo geométrico o exponencial, por lo que este método responde adecuadamente a la realidad.
- Desventaja: si no se analiza bien la curva poblacional y se toma un dato de población extremadamente alto, se estará sobrediseñando y el costo de inversión será alto.

#### **2.1.5 Consideraciones para el diseño del sistema de alcantarillado.**

#### **2.1.6 Uso del agua**

El agua potable tiene diferentes usos dentro del hogar, el que depende de muchos factores como son: el clima, nivel de vida o condiciones socio-económicas, tipo de población, si se cuenta o no con un sistema de medición, presión en la red, la calidad y el costo del agua, con el propósito de definir un patrón de consumo para la población; recopilando información por encuestas y datos proporcionados en la municipalidad.

Estableciendo los siguientes datos:

Renglón	Litros/Habitante/día
Bebida	2
Preparación de alimentos	6
Lavado de utensilios	2-6
Abluciones	5
Baño	10-20
Lavado de ropa	8-12
Descarga de inodoros	9-10
Pérdidas	6-13
Total	50-75

Como se puede observar, el total de agua que se consume, aproximadamente oscila entre 50-75 Lts/hab/día, por lo que se adopta una dotación de: 90 Lts/hab/día, ya que la municipalidad no tiene asignado un valor específicos, para la aldea Xix.

### **2.1.7 Cálculo de caudales**

El cálculo de los diferentes caudales que componen el flujo de las aguas negras, se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, en el que intervienen la dotación de agua potable, la utilización del agua, intensidad de lluvia, estimación del caudal por conexiones ilícitas, cantidad de agua que puede infiltrarse en el drenaje y las condiciones socio-económicas de la población.

#### **2.1.7.1 Factor de retorno**

El factor de retorno es el porcentaje de agua, que después de ser usada vuelve al drenaje, en este caso se consideró un 75% de factor de retorno.

### 2.1.8 Caudal domiciliar

El caudal domiciliar no es más que la cantidad de agua que se evacua hacia el drenaje, luego de ser utilizada en el hogar.

$$Q_{dom} = \frac{Dotacion \times Hab \times Fact. \text{Retorno}}{86400} = \frac{(90 \text{ lts} / \text{hab} / \text{día})(1888 \text{ hab})(0.75)}{86400} = 2.73 \text{ L/s}$$

### 2.1.9 Caudal comercial

Es el agua que se desecha de los comercios, como por ejemplo: hoteles, restaurantes, etc. Para este caso, el caudal comercial es cero por no existir comercios.

$$Q_{com} = \frac{\#Comercios \times Dotacion}{86400} = 0$$

### 2.1.10 Caudal de conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que transporta el drenaje, proveniente principalmente porque algunos usuarios conectan sus bajadas pluviales al sistema. Este caudal daña el sistema, por lo que debe evitarse. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, en función del área de techos y patios, y de la permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia.

Para calcular el caudal de conexiones ilícitas, se debe tener en cuenta el criterio que algunas instituciones ya han establecido, estos son:

- a) INFOM, toma la conexión ilícita con un mínimo 10% del caudal doméstico. Sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.

- b) Otros autores, determinan la conexión ilícita en 150 lt/hab/día.
- c) La Municipalidad de Guatemala calcula la conexión ilícita en 100 lt/hab/día.
- d) El método racional.

Con base al inciso (a), se consideró el 50% del caudal doméstico como conexiones ilícitas, por no contar con drenaje pluvial y carece de información pluviométrica del lugar.

$$Q_{CI} = Q_{Dom} * 50\%$$

$$Q_{CI} = 2.73 * 50\% = 1.37 \text{ L/s}$$

### 2.1.11 Caudal industrial

Es la cantidad de aguas negras que desecha la industria, como fábricas textiles e industriales en general, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 1000 y 1800 lts/hab/día, el cual dependerá del tipo de industria. En este municipio no existen industrias, por lo tanto, este caudal es igual a cero.

$$Q_{Ind} = \frac{\#industriaxDotacion}{86400} = 0$$

### 2.1.12 Caudal de infiltración

El material empleado en el diseño será de PVC norma 3034 y por ende, el caudal de infiltración es igual a cero.

### 2.1.13 Factor de caudal medio

Es la suma de todos los caudales anteriores, se divide por la suma de habitantes a servir, el factor de caudal medio debe ser mayor que 0.002 y menor que 0.005, en todo caso, al calcular el factor de caudal medio, si no está dentro de los límites, se debe de tomar el más cercano, se expresa en litros por segundo por habitante.

$$Fqm = \frac{\sum Q_s}{Hab}, \quad \begin{array}{l} \sum Q_s = \text{Sumatoria del caudal sanitario} \\ Fqm = \text{Factor de caudal medio} \end{array}$$

$$Fqm = \frac{\sum Q_s}{\sum hab.} = \frac{Q_{dom} + Q_{com} + Q_{Ind} + Q_{Ci} + Q_{inf}}{No.Habitantes} = \frac{4.10}{1888} = 0.00217, \text{ adopta} = 0.002$$

### 2.1.14 Velocidad de flujo

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad de flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas, de  $v/V$ , donde ( $v$ ) es la velocidad del flujo y ( $V$ ) es la velocidad a sección llena.

### 2.1.15 Tirante o profundidad de flujo

La altura del tirante del flujo deberá ser mayor de 10% del diámetro de la tubería y menor del 80% de la misma, estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como exista arrastre de los sedimentos.

### 2.1.16 Factor de Harmond

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra a la población a servir en un tramo determinado. Es un factor de seguridad que actúa sobre todo, en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}} \quad \text{Donde:}$$

P = Población futura en miles

$$FH = \frac{18 + \sqrt{1.888}}{4 + \sqrt{1.888}} = 3.60$$

### 2.1.17 Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema, cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante.

$$Q_{Diseño} = \#Hab \times FH \times Fqm$$

#Hab. = Número de habitantes futuro  
FH = Factor de harmond.  
Fqm = Factor de caudal medio

## 2.1.18 Principios hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto del aire, a los cuales se les conoce como canales, el flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

La sección del canal puede ser abierta o cerrada, en el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por los gases que se forman en el canal.

### 2.1.18.1 Ecuación de Manning para flujo de canales

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en el canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en los cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal.

Una de las fórmulas que se emplea para canales es la de CHEZY, para flujos permanentes y uniformes.

$$v = C\sqrt{RS},$$

$$R = \frac{A}{P},$$

$$R = \frac{D_{int}}{A_{sec.llena}}$$

v = velocidad m/seg.

R = Radio Hidráulico

S = Pendiente m/m

C = Coeficiente de rugosidad

A = área mojada m<sup>2</sup>

P = perímetro mojado m

D<sub>int.</sub> = Diámetro interior m

El valor de C, está determinado por una serie de elementos que conforman las características físicas e hidráulicas del canal, varios investigadores elaboraron fórmulas en las cuales se determinan el valor de esta constante, las más utilizadas son:

Fórmula de Kutter:

$$C = \frac{23 + (0.00155/5) + (1/n)}{1 + (n/\sqrt{R})(23 + 0.00155)}$$

Fórmula de Manning:

$$C = \frac{R^{2/3}}{n}$$

La ecuación que más se utiliza es la de Manning y se sustituye el valor de C en la ecuación de Chezy, obteniendo la expresión siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

La cual se conoce como la fórmula de Manning para canales abiertos y cerrados.

**Tabla I. Coeficientes de rugosidad**

MATERIAL	n
Canales cubiertos de piedra	0.030
Tubos de metal corrugado	0.021
Canal de mampostería de ladrillo sin revestimiento	0.015
Tubos de concreto	0.013
Tubos de asbesto cemento	0.011
Tubos de PVC	0.007-0.011

### 2.1.18.2 Ecuación a sección llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario se debe contar con la información correspondiente a los valores de velocidad y caudal a sección llena de la tubería que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$Q = AxV$$

Q = El caudal a sección llena  
V = Velocidad a sección llena (m/seg.)  
A = El área de la tubería m<sup>2</sup>

### 2.1.18.3 Ecuación a sección parcialmente llena

Las ecuaciones para calcular las características hidráulicas de la sección parcialmente llena del flujo de una tubería circular se presentan a continuación:

$$a = \left[ \frac{\theta^2}{4} \right] x \left[ \frac{\pi x \theta}{360} \right] x \left[ \frac{\text{sen } \theta}{2} \right], \quad p = \left[ \frac{\pi x \theta^2}{360} \right]$$

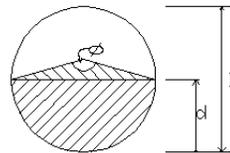
$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2},$$

Figura 1. Área de sección parcial

$$R = \frac{d}{4} x \left[ 1 - \frac{360 x \text{sen } \theta}{2\pi\theta} \right]$$

$$q = axv$$

$$d = \frac{D}{2} x \left[ 1 - \cos \frac{D}{2} \right]$$



D = diámetro del tubo  
d = tirante de la sección  
v = velocidad a sección parcial  
q = Caudal a sección parcial.

#### 2.1.18.4 Relaciones hidráulicas

Al analizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llenas y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

Se deberán determinar los valores de velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas, se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre caudal de sección llena, con este resultado se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, y se obtienen las relaciones siguientes ( $d/D$ ) y ( $v/V$ ).

Las relaciones obtenidas se deberán comparar con las especificaciones de la tabla II.

**Tabla II. Especificaciones hidráulicas**

Caudal :	$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
Velocidad de diseño:	$0.6 \leq v \leq 3.00\text{m/s}$ Para alcantarillado sanitario (TC) $0.4 \leq v \leq 5.00\text{m/s}$ Para alcantarillado sanitario (PVC) $0.6 \leq v \leq 3.00\text{m/s}$ Para alcantarillado Pluvial $0.6 \leq v \leq 3.00\text{m/s}$ Para alcantarillado Combinado
Tirante y diámetro:	$0.10 \leq d/D \leq 0.75$ Para alcantarillado sanitario $0.10 \leq d/D \leq 0.90$ Para alcantarillado Pluvial

### 2.1.19 Diseño de secciones y pendientes

El diseño de secciones queda a criterio del diseñador, las principales secciones típicas del alcantarillado son:

- Circular, la más usada.
- Rectangular.
- Forma de herradura.
- Etc.

La pendiente de la tubería será la que cumpla con las especificaciones de velocidad máxima y mínima. Es recomendable utilizar en algunos casos la pendiente del terreno para evitar un sobre costo por excavación excesiva.

### 2.1.20 Diámetro de tuberías

El diámetro mínimo que se utiliza para el diseño de alcantarillado sanitario, para el área rural, dependerá del tipo de material de la tubería.

Alcantarillado Sanitario (TC) =	8"
Alcantarillado Sanitario (PVC) =	6"

### 2.1.21 Cotas invert

La cota Invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, se debe de verificar que la cota Invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas Invert se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.

Se debe de seguir ciertas reglas para el cálculo de cotas Invert

- La cota Invert de salida de un pozo, se coloca al menos tres centímetros mas baja que la cota Invert de llegada de la tubería mas baja.
- La tubería que entra a un pozo, debera ser igual o menor al diámetro de salida, la cota Invert de salida estará 3 cm abajo, de la tubería que entra.

### **2.1.22 Pozos de visitas**

Los pozos de visita son estructuras que sirven para verificar, limpiar, cambiar de dirección, en puntos donde se junten dos o más tuberías; también se construyen cuando hay cambios de nivel y a cada cierta distancia.

Los pozos de visita son estructuras costosas económicamente, por lo que deben estudiarse las diversas opciones que existen para su construcción, como lo son de ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, etc. Para este caso, se utilizará ladrillo tayuyo, en la construcción de los pozos de visita.

#### **2.1.22.1 Especificaciones para pozos de visita**

Se colocaran pozos de visita en los siguientes puntos:

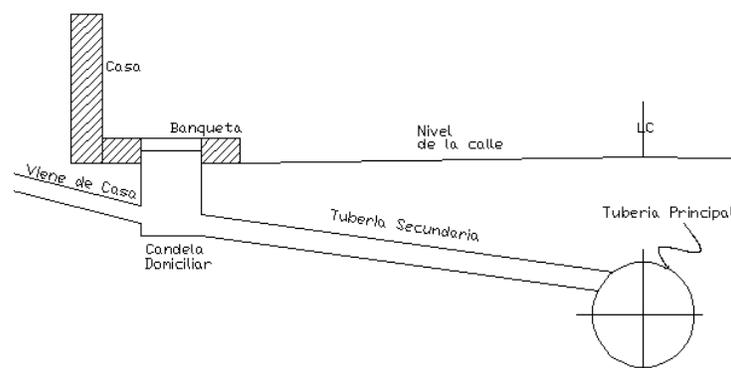
1. En el inicio de cualquier tramo.
2. En intersecciones de dos o más tuberías.
3. Donde exista cambio de diámetro
4. En distancia no mayores de 100m.
5. Cambio de pendiente.

Normalmente los pozos de visita se construyen a cada 100 metros, cuando el terreno lo permite. Si las condiciones del lugar son adecuadas por razones económicas, se permiten pozos de visita hasta cada ciento veinte metros, además se construyen en los inicios de cualquier tramo, cuando se cambia de dirección, tanto vertical como horizontal, cuando la tubería cambia de diámetro y en cualquier intersección del colector.

### 2.1.23 Conexiones domiciliarias

Son instalaciones que unen las aguas provenientes de las viviendas o edificios, con el sistema de alcantarillado municipal o público. Están formados por una tubería secundaria y una caja de registro (candela domiciliar).

Figura 2. Conexión domiciliar



#### 2.1.23.1 Caja o candela

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colados verticalmente, el lado menor de la caja será de 45 cms, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas, estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera

para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan para la respectiva tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central, la altura mínima de una candela será de un metro.

### **2.1.23.2 Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 6 plg en tubería de concreto y de 4 plg en tubería de PVC, debe tener una pendiente mínima del 2%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

La conexión de la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45° aguas abajo.

Para este caso, la conexión domiciliar utilizó tubería de 12 plg de diámetro para candela domiciliar, tubería de PVC norma 3034 de 4 plg de diámetro y silleta Y para la unión con el colector principal.

Al realizarse el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos esto resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

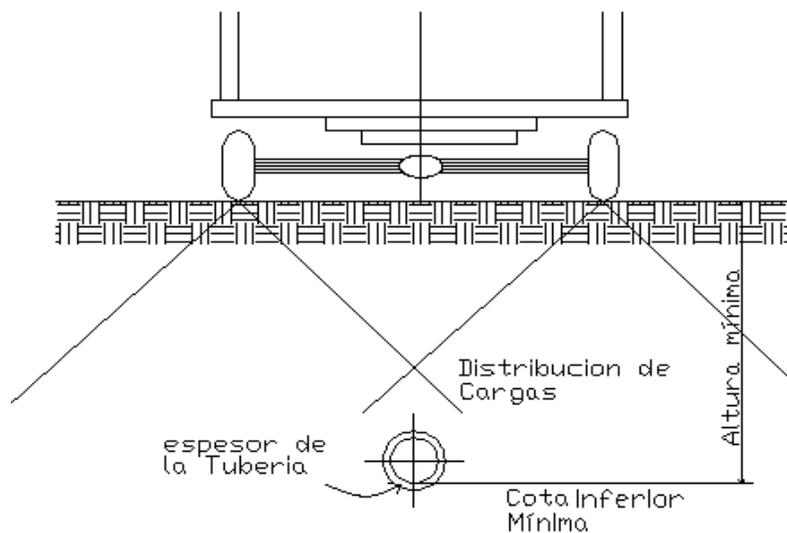
La utilización de sistemas que permiten un mejor funcionamiento del alcantarillado, se empleará en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construirá.

Algunos de estos sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, etc.

### 2.1.24 Profundidad de tubería

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad, en la cual no sea afectada por las inclemencias del tiempo y principalmente por las cargas transmitidas por el tránsito y evitar con esto rupturas en los tubos. La altura mínima será 1.20 m.

Figura 3. Profundidad de tubería



Para tránsito normal:

$$CIS = 1mts + D_{tubería} + e_{espesor\ de\ tubería}$$

Para tránsito pesado

$$CIS = 1.20mts + D_{tubería} + e_{espesor\ de\ tubería}$$

CIS = Cota Invert de salida.

$D_{tubería}$  = Diámetro de la tubería.

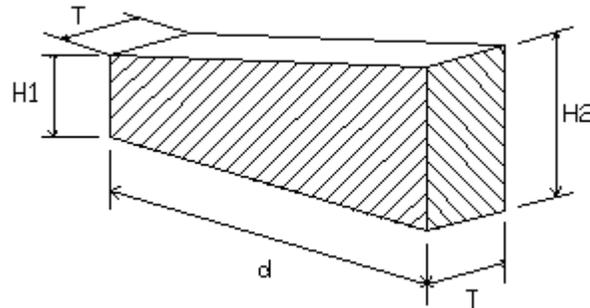
$e$  = espesor de tubería.

### 2.1.25 Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería, está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita.

El ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería a instalar y la longitud entre pozos, en la figura 4 se muestra las variables a considerar al momento de calcular el volumen de excavación.

**Figura 4. Volumen de excavación**



Volumen de excavación

$$V = \left[ \frac{(H2 + H1)}{2} \right] \times d \times T$$

V = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = Profundidad del 1er pozo (m).

H2 = Profundidad del 2do pozo (m).

d = Distancia entre pozos (m)

T = Ancho de la zanja (m)

**Tabla III. Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro de la tubería.**

Profundidad de La Zanja \ Diámetro. Nominal	De 0.00 a 1.30 M	De 1.31 a 1.85 m	De 1.86 a 2.35 m	De 2.36 a 2.85 m	De 2.86 a 3.35 m	De 3.36 a 3.85 m	De 3.86 a 4.35 m	De 4.36 a 4.85 m	De 4.86 a 5.35 m	De 5.36 a 5.85 m	De 5.36 a 5.85 m
	6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80
8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

### 2.1.26 Ejemplo del diseño hidráulico de un tramo.

A manera de ejemplo, se diseñará el tramo comprendido entre los pozos de visita 13 y 14.

Datos

Tipo de sistema: drenaje sanitario

Período de diseño: 20 años.

Población actual: 1345 hab. Información obtenida de la comunidad.

Población futura: 1888 hab.

Tasa de crecimiento: 3.00% Información obtenida INE.

Tipo de tubería: PVC.

Cota terreno inicial: 509.07 m

Cota terreno final: 505.11 m

Distancia horizontal: 25.61 m

Tramo (PV13 – PV14)

F<sub>qm</sub> = 0.003

Cálculo de pendiente de terreno S<sub>t</sub>%

$$S_t \% = \left[ \frac{(509.07 - 505.11)}{25.61} \right] \times 100 = 15.46\%$$

Cálculo de población futura acumulada = PFA

$PA = PoblaciónActual = 4 \text{ Hab}$

$$P_{Futuro} = 4 \left( 1 + \frac{3}{100} \right)^{20} = 7.22 \approx 8hab$$

Cálculo del factor de Harmond

$$FH_{Futuro} = \frac{18 + \sqrt{8/1000}}{4 + \sqrt{8/1000}} = 4.42$$

$$FH_{Actual} = 4.39$$

Cálculo de caudal de diseño.

$$q_{DiseñoFuturo} = 8 \times 4.42 \times 0.003 = 0.10 \text{ L/s}$$

Diseño hidráulico

Tubería PVC = Ø6"

$S_T = 15.46\%$

Pendiente de Tubería =  $S_{Tub} = 3.00\%$

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0.003429}{0.010} \times (6'')^{2/3} \left[ \frac{3.00}{100} \right]^{1/2} = 1.96 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena.

$$A = \frac{\pi(6'' \times 0.0254)^2}{4} = 0.018 \text{ m}^2$$

$$Q_{Llena} = (0.018)(1.96) * 1000 = 35.77 \text{ L/s}$$

$$\text{Relación de caudales} = \left( \frac{q_{\text{Diseño}}}{Q_{\text{Llena}}} \right)$$

$$\left( \frac{q}{Q} \right)_{\text{Futuro}} = 0.027(\text{Futuro}) \text{ (Relación de caudales)}$$

$$\left( \frac{q}{Q} \right)_{\text{Actual}} = 0.017(\text{Actual})$$

$$\text{Relación de caudales} = \left( \frac{v_{\text{Diseño}}}{V_{\text{Llena}}} \right)$$

$$\left( \frac{v}{V} \right)_{\text{Futuro}} = 0.02733 \text{ (Relación de velocidades)}$$

$$\left( \frac{v}{V} \right)_{\text{Actual}} = 0.02390$$

$$\text{Relación de caudales} = \left( \frac{d_{\text{Diseño}}}{D_{\text{Llena}}} \right)$$

$$\left( \frac{d}{D} \right) = 0.022 \text{ (Relación de tirante)}$$

En tramos iniciales es difícil que la relación de tirantes cumpla, debido al poco caudal existente en ella.

Cálculo de velocidad actual y futura.

$$v_{\text{Actual}} = (1.96)(0.2390) = 0.47 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{futuro}} = (1.96)(0.2733) = 0.54 \text{ m/s}$$

Los datos obtenidos de velocidad están comprendidos en los rangos establecidos en la Tabla II.

Profundidad de pozos de visita

PV14

CTI = 505.11

CIS = 502.41

HPV14 = altura de pozo número 14

HPV14 = 505.11 – 502.41 = 2.71 m

PV13

CTI = 509.07

CIE = 507.97

CIS = 507.94

HPV13 = altura de pozo número 13

HPV13<sub>Entrada</sub> = 509.07 – 507.97 = 1.10 m

HPV13<sub>Salida</sub> = 509.07 – 507.94 = 1.13 m

Volumen de excavación.

Tramo (PV14 – PV13)

$$V_{EXC} = \left[ \frac{2.71 + 1.13}{2} \right] \times 25.61 \times 0.60 = 29.50 \text{ m}^3$$

(Nota: El cálculo hidráulico se presenta en la Tabla IV)

Tabla IV. Diseño hidráulico

PROYECTO ALCANTARILLADO SANITARIO  
MUNICIPIO ALDEA XIX, EL QUICHE

DE PV	COTA DEL TERRENO		LONGITUD		Hab	Fac. de Harmond	Qdis It/s	Diam (p/g)	S% Tub.	COTAS INVERT		Prof. De pozo		Seccion llena		Rel q/Q	Rel d/D	Rel v/V
	INICIO	FIN	Inicial	Acum.						INICIO	FINAL	INICIO	FIN	QIt/s	V. m/s			
<b>SECTOR 1 (SUB RAMAL 1, DE E-14 A E-22)</b>																		
13	509.07	505.11	25.61	25.61	22	4.37	0.29	6"	0.15	507.97	502.40	1.10	2.71	32.07	4.01	0.017	0.022	0.04
14	505.11	499.70	53.76	79.37	120	4.22	1.52	6"	0.10	502.40	498.60	2.71	1.10	18.28	2.29	0.040	0.051	0.19
15	499.70	495.70	54.02	133.39	185	4.16	2.31	6"	0.07	498.60	492.70	1.10	3.00	22.73	2.84	0.043	0.056	0.29
16	495.70	488.87	121.52	376.63	261	4.10	3.21	6"	0.06	492.70	487.77	3.00	1.10	9.79	1.22	0.066	0.086	0.40
17	488.87	487.02	52.29	428.92	315	4.07	3.85	6"	0.04	487.77	485.92	1.10	1.10	12.94	1.62	0.064	0.083	0.48
18	487.02	482.56	143.83	572.75	315	4.07	3.85	6"	0.03	485.92	481.46	1.10	1.10	12.11	1.51	0.066	0.085	0.48
19	482.56	479.22	53.72	626.48	315	4.07	3.85	6"	0.06	481.46	478.12	1.10	1.10	17.15	2.14	0.058	0.075	0.48
20	479.22	478.76	15.94	642.42	315	4.07	3.85	6"	0.03	478.12	477.66	1.10	1.10	11.68	1.46	0.067	0.086	0.48
21	478.76	477.45	25.48	667.90	315	4.07	3.85	6"	0.05	477.66	476.35	1.10	1.10	15.59	1.95	0.060	0.077	0.48
16.10	506.74	495.70	62.58	730.48	55	4.31	0.71	6"	0.18	505.64	492.70	1.10	3.00	31.27	3.91	0.024	0.032	0.09
17.01	500.31	488.87	127.06	857.54	33	4.35	0.43	6"	0.09	499.21	487.77	1.10	1.10	20.64	2.58	0.024	0.031	0.05
<b>SECTOR 1 (SUB RAMAL 2, DE E-11 A E-5)</b>																		
7	512.40	504.74	36.51	894.05	22	4.37	0.29	6"	0.21	511.30	503.64	1.10	1.10	31.50	3.94	0.017	0.023	0.04
7	504.74	500.00	55.66	949.71	120	4.22	1.52	6"	0.09	503.64	497.90	1.10	2.10	22.09	2.76	0.037	0.048	0.19
1	500.00	492.83	54.00	1,003.71	185	4.16	2.31	6"	0.13	497.90	491.73	2.10	1.10	23.25	2.91	0.042	0.055	0.29
9.5	492.83	490.29	50.20	1,053.91	271	4.10	3.33	6"	0.05	491.73	488.20	1.10	2.09	18.24	2.28	0.053	0.069	0.42
10	490.29	488.14	39.82	1,147.85	293	4.08	3.59	6"	0.05	489.19	487.04	1.10	1.10	15.98	2.00	0.058	0.075	0.45
2.6	488.14	486.63	66.01	1,213.86	358	4.04	4.34	6"	0.02	489.19	484.03	1.10	2.60	19.23	2.40	0.058	0.075	0.54
3	486.63	482.51	70.71	1,284.57	445	4.00	5.34	6"	0.06	484.03	481.01	2.60	1.50	14.21	1.78	0.070	0.091	0.67
4	482.51	478.66	33.22	1,317.79	477	3.98	5.70	6"	0.12	481.01	477.56	1.50	1.10	22.16	2.77	0.061	0.079	0.71
9.00	504.78	492.83	56.24	1,374.03	44	4.33	0.57	6"	0.21	503.30	491.73	1.48	1.10	31.19	3.90	0.023	0.029	0.07
10.3	497.67	488.14	44.87	1,418.90	11	4.41	0.15	6"	0.21	496.57	487.04	1.10	1.10	31.70	3.96	0.013	0.017	0.02
<b>SECTOR 1 (SUB RAMAL 3, DE E-28 A E-5)</b>																		
28	501.04	501.05	37.96	1,456.86	11	4.41	0.15	6"	0.01	499.94	499.75	1.10	1.30	4.87	0.61	0.027	0.035	0.02
29	501.05	501.44	10.77	1,467.63	11	4.41	0.15	6"	0.01	499.75	499.69	1.30	1.75	5.13	0.64	0.027	0.034	0.02
30	501.44	500.53	16.75	1,484.38	11	4.41	0.15	6"	0.05	499.69	499.43	1.75	1.10	8.57	1.07	0.022	0.028	0.02
31	500.53	495.01	48.30	1,532.68	55	4.31	0.71	6"	0.11	499.43	493.81	1.10	1.20	23.46	2.93	0.027	0.035	0.09
32	495.01	492.12	60.82	1,593.50	120	4.22	1.52	6"	0.05	493.81	490.02	1.20	2.10	17.17	2.15	0.041	0.053	0.19
33	492.12	486.57	44.79	1,638.29	163	4.18	2.04	6"	0.12	490.02	485.47	2.10	1.10	21.92	2.74	0.041	0.054	0.26
34	486.57	483.73	36.09	1,674.38	336	4.06	4.09	6"	0.08	485.47	482.63	1.10	1.10	19.29	2.41	0.056	0.073	0.51
35	483.73	482.00	72.96	1,747.34	456	3.99	5.46	6"	0.02	482.63	480.90	1.10	1.10	10.59	1.32	0.079	0.102	0.68
36	482.00	478.66	25.82	1,773.16	456	3.99	5.46	6"	0.13	480.90	477.56	1.10	1.10	24.74	3.09	0.057	0.074	0.68

Continúa

DE	A	COTA DEL TERRENO		LONGITUD		Hab	Fac. de Harmond	Qdis It/s	Diam (plg)	S%	COTAS INVERT		Prof. De pozo		Seccion llena		Rel	Rel	Rel
		INICIO	FIN	Inicial	Acum.						INICIO	FINAL	INICIO	FIN	Qlt/s	V. m/s			
5	22	478.76	477.45	51.34	1,824.50	976	3.81	11.15	6"	0.03	477.60	476.29	1.16	1.16	32.76	1.81	0.101	0.132	0.61
32.1	32	499.28	495.01	37.61	1,862.11	33	4.35	0.43	6"	0.11	498.18	493.86	1.10	1.15	23.31	2.92	0.023	0.029	0.05
5.5	5	480.00	478.66	27.47	1,889.58	44	4.33	0.57	6"	0.05	478.90	477.61	1.10	1.05	14.90	1.86	0.030	0.039	0.07
<b>SECTOR 1 (SUB RAMAL 4, DE E-42 A E-35)</b>																			
42	40	501.75	495.66	42.85	1,932.43	22	4.37	0.29	6"	0.15	500.65	494.36	1.10	1.30	26.35	3.30	0.019	0.024	0.04
39	40	498.51	495.66	23.33	1,955.76	22	4.37	0.29	6"	0.12	497.41	494.56	1.10	1.10	24.04	3.01	0.019	0.025	0.04
40	41	495.66	489.51	28.80	1,984.56	66	4.29	0.85	6"	0.21	494.36	488.41	1.30	1.10	31.26	3.91	0.026	0.034	0.11
41	35	489.51	483.73	49.24	2,033.80	87	4.26	1.11	6"	0.12	488.41	482.68	1.10	1.05	23.46	2.93	0.032	0.042	0.14
<b>SECTOR 1 (SUB RAMAL 5, DE E-37.4 A E-34)</b>																			
37.4	37	499.07	501.17	100.00	2,133.80	55	4.31	0.71	6"	0.01	497.97	497.57	1.10	3.60	4.35	0.54	0.051	0.066	0.09
37.0	38	501.17	490.66	104.43	2,238.23	141	4.20	1.78	6"	0.08	497.57	489.21	3.60	1.45	19.46	2.43	0.041	0.053	0.22
38	34	490.66	486.57	54.62	2,292.85	163	4.18	2.04	6"	0.07	489.21	485.52	1.45	1.05	17.88	2.24	0.045	0.058	0.26
<b>SECTOR 1 (EJE PRINCIPAL, DE E-22 A E-27)</b>																			
22	23	477.45	476.71	90.58	2,383.43	1290	3.73	14.42	6"	0.01	476.29	475.05	1.16	1.66	24.00	1.32	0.126	0.163	0.79
23	24	476.71	476.63	35.20	2,418.63	1312	3.72	14.65	6"	0.01	475.05	474.87	1.66	1.76	14.67	1.67	0.152	0.197	0.81
24	25	476.63	452.69	94.23	2,512.86	1312	3.72	14.65	6"	0.19	469.87	451.53	6.76	1.16	90.48	4.99	0.077	0.100	0.81
25	26	452.69	447.69	93.28	2,606.14	1312	3.72	14.65	6"	0.05	451.53	446.43	1.16	1.26	47.96	2.64	0.097	0.126	0.81
26	27	447.69	443.45	119.85	2,725.99	1312	3.72	14.65	6"	0.04	446.53	442.19	1.16	1.26	39.03	2.15	0.105	0.136	0.81
27	27.01	443.45	442.58	21.58	2,747.57	434	4.01	5.21	6"	0.02	442.25	441.78	1.20	0.80	10.15	1.27	0.079	0.102	0.65
27	27.07	443.45	442.38	18.48	2,766.05	434	4.01	5.21	6"	0.04	442.25	441.58	1.20	0.80	13.10	1.64	0.071	0.093	0.65
27	27.12	443.45	443.06	20.77	2,786.82	434	4.01	5.21	6"	0.00	442.25	442.16	1.20	0.90	4.53	0.57	0.106	0.138	0.65
<b>SECTOR 2 (SUB RAMAL 1, DE 57.1 A E-48)</b>																			
57.1	57	474.70	474.76	31.99	2,818.81	22	4.37	0.29	6"	0.01	474.00	473.66	0.70	1.10	7.09	0.89	0.030	0.039	0.04
57	56	474.76	476.16	75.95	2,894.76	76	4.27	0.97	6"	0.01	473.66	473.36	1.10	2.80	4.32	0.54	0.058	0.075	0.12
56	55	476.16	475.31	56.00	2,950.76	76	4.27	0.97	6"	0.01	473.36	473.11	2.80	2.20	4.60	0.57	0.056	0.073	0.12
55	54	475.31	475.61	16.34	2,967.10	76	4.27	0.97	6"	0.01	473.11	473.01	2.20	2.60	5.38	0.67	0.053	0.069	0.12
54	52	475.61	470.45	62.05	3,029.15	98	4.25	1.25	6"	0.06	473.01	469.35	2.60	1.10	16.70	2.09	0.038	0.049	0.16
52	48	470.45	463.94	116.69	3,145.84	131	4.21	1.65	6"	0.06	469.35	462.84	1.10	1.10	16.24	2.03	0.043	0.056	0.21
53.3	53	480.87	477.40	40.58	3,186.42	33	4.35	0.43	6"	0.11	479.77	475.30	1.10	2.10	22.83	2.85	0.023	0.030	0.05
53	52	477.40	470.45	54.34	3,240.76	33	4.35	0.43	6"	0.11	475.30	469.45	2.10	1.00	22.57	2.82	0.023	0.030	0.05
<b>SECTOR 2 (SUB RAMAL 1, DE E-42 A E-48)</b>																			
42	43	501.75	496.85	25.48	3,266.24	11	4.41	0.15	6"	0.19	500.65	495.75	1.10	1.10	30.16	3.77	0.014	0.018	0.02
43	44	496.85	492.45	19.41	3,285.65	33	4.35	0.43	6"	0.23	495.75	491.35	1.10	1.10	32.74	4.10	0.020	0.026	0.05
44	46	492.45	484.63	55.16	3,340.81	33	4.35	0.43	6"	0.14	491.35	483.53	1.10	1.10	25.90	3.24	0.022	0.028	0.05
46	47	484.63	478.92	39.42	3,380.23	76	4.27	0.97	6"	0.14	483.53	477.82	1.10	1.10	26.17	3.27	0.029	0.038	0.12
47	48	478.92	463.94	204.92	3,585.15	174	4.17	2.18	6"	0.07	477.82	462.84	1.10	1.10	18.59	2.33	0.045	0.059	0.27
45.6	45	487.02	482.37	45.00	3,630.15	33	4.35	0.43	6"	0.10	485.92	481.27	1.10	1.10	22.11	2.76	0.023	0.030	0.05
45.2	45	489.17	485.37	21.69	3,651.84	33	4.35	0.43	6"	0.18	488.07	484.27	1.10	1.10	28.79	3.60	0.021	0.027	0.05
45	47	485.37	478.92	53.48	3,638.63	66	4.29	0.85	6"	0.12	484.27	477.87	1.10	1.05	23.79	2.98	0.029	0.037	0.11

Continúa

DE	PV	A	COTA DEL TERRENO		LONGITUD		Hab	Fac. de Harmond	Qdis It/s	Diam (plg)	S% Tub.	COTAS INVERT		Prof. De pozo		Seccion Ilena		Rel q/Q	Rel d/D	Rel v/v
			INICIO	FIN	INICIAL	ACUM.						INICIO	FINAL	INICIO	FIN	Qlt/s	V. m/s			
<b>SECTOR 2 (EJE PRINCIPAL, DE E-48 A E-51.01)</b>																				
48	49	463.94	460.72	103.84	3,742.47	304	4.08	3.72	6"	0.03	0.03	462.79	459.62	1.15	1.10	12.02	1.50	0.065	0.084	0.46
49	50	460.72	458.21	62.46	3,804.93	304	4.08	3.72	6"	0.04	0.04	459.62	457.11	1.10	1.10	13.79	1.72	0.062	0.080	0.46
50	51	458.21	454.58	72.79	3,877.72	304	4.08	3.72	6"	0.05	0.05	457.11	453.48	1.10	1.10	15.36	1.92	0.059	0.077	0.46
51	51.1	454.58	453.38	37.94	3,915.66	304	4.08	3.72	6"	0.03	0.03	453.48	452.28	1.10	1.10	12.23	1.53	0.065	0.084	0.46
<b>SECTOR 3 (SUB RAMAL 1, DE 68.04 A E-71)</b>																				
68.04	68	497.82	498.11	80.00	3,995.66	44	4.33	0.57	6"	0.02	0.02	496.92	495.21	0.90	2.90	10.05	1.26	0.034	0.045	0.07
68	69	498.11	459.83	200.70	4,196.36	98	4.25	1.25	6"	0.18	0.18	495.11	458.73	3.00	1.10	29.28	3.66	0.031	0.040	0.16
69	70	459.83	455.66	111.74	4,308.10	98	4.25	1.25	6"	0.04	0.04	458.73	454.56	1.10	1.10	13.29	1.66	0.042	0.054	0.16
70	71	455.66	455.21	13.53	4,321.63	141	4.20	1.78	6"	0.03	0.03	454.56	454.11	1.10	1.10	12.54	1.57	0.048	0.063	0.22
<b>SECTOR 3 (SUB RAMAL 2, DE 76.1 A E-76)</b>																				
76.1	76	470.86	460.46	102.03	4,423.66	22	4.37	0.29	6"	0.10	0.10	469.76	459.36	1.10	1.10	21.96	2.75	0.020	0.026	0.04
76	71	460.46	455.21	35.78	4,459.44	22	4.37	0.29	6"	0.14	0.14	459.36	454.21	1.10	1.00	26.09	3.26	0.019	0.024	0.04
<b>SECTOR 3 (SUB RAMAL3 Y 4)</b>																				
71.1	71.2	491.97	489.41	61.01	4,520.45	22	4.37	0.29	6"	0.04	0.04	490.87	488.31	1.10	1.10	14.09	1.76	0.023	0.030	0.04
71.2	71	489.41	455.21	159.53	4,679.98	22	4.37	0.29	6"	0.21	0.21	488.31	454.21	1.10	1.00	31.80	3.98	0.017	0.022	0.04
71.7	72	447.46	443.89	71.41	4,751.39	22	4.37	0.29	6"	0.04	0.04	445.90	442.89	1.56	1.00	14.12	1.77	0.023	0.030	0.04
<b>SECTOR 3 (EJE PRINCIPAL, DE E-71 A E-75.01)</b>																				
71	72	455.21	443.89	84.30	4,835.69	163	4.18	2.04	6"	0.13	0.13	454.11	442.79	1.10	1.10	25.20	3.15	0.039	0.051	0.26
72	73	443.89	431.47	201.22	5,036.91	163	4.18	2.04	6"	0.06	0.06	442.79	430.37	1.10	1.10	17.09	2.14	0.046	0.059	0.26
73	74	431.47	426.32	151.79	5,188.70	163	4.18	2.04	6"	0.03	0.03	430.37	425.22	1.10	1.10	12.67	1.58	0.051	0.066	0.26
74	75	426.32	416.86	271.72	5,460.42	163	4.18	2.04	6"	0.03	0.03	425.22	415.76	1.10	1.10	12.83	1.60	0.051	0.066	0.26
75	75.01	416.86	415.49	23.85	5,484.27	163	4.18	2.04	6"	0.06	0.06	415.76	414.39	1.10	1.10	16.48	2.06	0.046	0.060	0.26
<b>SECTOR 4 (SUB RAMAL 1, DE E-11 A E-62)</b>																				
11	12	512.40	507.32	66.52	5,550.79	11	4.41	0.15	6"	0.08	0.08	511.30	506.22	1.10	1.10	19.01	2.38	0.016	0.021	0.02
12	58	507.32	500.77	29.73	5,580.52	11	4.41	0.15	6"	0.22	0.22	506.22	499.67	1.10	1.10	32.28	4.04	0.013	0.017	0.02
58	59	500.77	501.58	26.60	5,607.12	11	4.41	0.15	6"	0.01	0.01	499.67	499.48	1.10	2.10	5.81	0.73	0.025	0.033	0.02
59	60	501.58	496.03	39.48	5,646.60	55	4.31	0.71	6"	0.12	0.12	499.48	494.93	2.10	1.10	23.36	2.92	0.027	0.035	0.09
60	61	496.03	492.72	21.45	5,668.05	55	4.31	0.71	6"	0.15	0.15	494.93	491.62	1.10	1.10	27.02	3.38	0.026	0.033	0.09
61	62	492.72	489.42	21.94	5,689.99	55	4.31	0.71	6"	0.15	0.15	491.62	488.32	1.10	1.10	26.67	3.34	0.026	0.034	0.09
<b>SECTOR 4 (SUB RAMAL 2, DE 62.1 A E-62)</b>																				
62.1	62	498.86	489.42	92.13	5,782.12	33	4.35	0.43	6"	0.10	0.10	497.36	488.37	1.50	1.05	21.48	2.69	0.023	0.030	0.05
<b>SECTOR 4 (EJE PRINCIPAL, DE E-62 A E-66.01)</b>																				
62	63	489.42	485.06	46.27	5,828.39	120	4.22	1.52	6"	0.09	0.09	488.32	483.96	1.10	1.10	21.11	2.64	0.038	0.049	0.19
63	64	485.06	480.05	113.73	5,942.12	120	4.22	1.52	6"	0.04	0.04	483.96	478.95	1.10	1.10	14.43	1.81	0.043	0.056	0.19
64	65	480.05	477.51	36.74	5,978.86	120	4.22	1.52	6"	0.07	0.07	478.95	476.41	1.10	1.10	18.08	2.26	0.040	0.052	0.19
65	66	477.51	464.14	38.61	6,017.47	120	4.22	1.52	6"	0.32	0.32	475.41	463.04	2.10	1.10	38.93	4.87	0.030	0.039	0.19
66	66.01	464.14	463.66	14.14	6,031.61	120	4.22	1.52	6"	0.01	0.01	463.04	462.96	1.10	0.70	5.17	0.65	0.064	0.083	0.19

### **2.1.27 Planteamiento del desfogue**

En la selección de los puntos de desfogue se tomará en cuenta, que no deben ocasionar problemas de carácter sanitario a las localidades situadas aguas abajo, deben protegerse los usos presentes y futuros del cuerpo receptor por lo que todas las descargas deberán tener tratamiento.

### **2.1.28 Propuesta de tratamiento generalidades**

Las actividades humanas dan lugar a la producción de una amplia gama de productos residuales, muchos de los cuales pasan al agua, la que actúa como vehículo de transporte. Las aguas residuales pueden contener: residuos humanos, domésticos, descargas industriales, escorrentía procedente de la agricultura y de aguas pluviales, dichos residuos pueden ya sea individual o colectivamente, contaminar el medio ambiente.

La protección de los recursos de agua contra la polución es un requisito básico para el desarrollo de una sana economía; tanto por el mantenimiento de la salud pública como la conservación de los recursos naturales.

#### **2.1.28.1 Característica del agua residual:**

Los contaminantes pueden dividirse en biodegradables y no biodegradables. Ciertos contaminantes, por ejemplo, los inorgánicos no se degradan biológicamente y una vez que entran en las aguas receptoras pueden diluirse, aunque no se reducen necesariamente en cantidad.

Otros contaminantes experimentan modificaciones, por la acción de factores biológicos, químicos y físicos.

Las sustancias y los microorganismos presentes en las aguas negras pueden ser:

1. Agentes infecciosos: hongos y bacterias.
2. Residuos con demanda de oxígeno.
3. Nutrientes de plantas.
4. Compuestos químicos y orgánicos.
5. Sedimentos.
6. Sustancias Reactivas.

#### **2.1.28.2 Característica de los residuos**

En las aguas residuales domésticas, la materia orgánica puede dividirse en tres grupos principales: proteínas, hidratos de Carbono y grasas. Las proteínas, que constituyen del 40% al 50% de la materia orgánica, son complejos aminoácidos y proporciona la mayor parte de los nutrientes bacterianos.

Aproximadamente un 50% al 60% de las proteínas se encuentran en la fracción disuelta de las aguas residuales domésticas y un 20% a un 30% en la fracción sedimentable.

### **2.1.28.3 Cantidad de sólidos en las aguas negras**

Las aguas negras están constituidas en la mayoría por líquidos, ya que aproximadamente el 0.1% está formado por materiales sólidos.

Los sólidos totales en las aguas negras, tanto en solución como en suspensión, son las que quedan después de evaporar una muestra hasta sacarla completamente.

**Sólidos en solución:** son los que no se pueden separar por medio de filtración o sedimentación del líquido que lo contiene.

Una parte por millón (P.P.M) equivale a un miligramo por litro, es decir que expresa la cantidad en peso de sólidos contenido en litro de aguas negras.

### **2.1.28.4 Modo de descomposición**

La descomposición de la materia orgánica puede producirse en condiciones aeróbicas o anaeróbicas. El proceso aeróbico requiere una aportación continua de oxígeno disuelto libre y es el método más eficaz para reducir el contenido orgánico de los residuos líquidos diluidos,

### **2.1.28.5 Descripción de tratamientos para aguas residuales**

a) Tratamiento Primario: este tratamiento reduce los sólidos sedimentables y algo del DBO. Los elementos patógenos no se reducen en forma sensible, es decir que con estos tratamientos se reduce en un porcentaje el daño al medio, pero no se protege la salud.

El tratamiento primario consta de elementos para la realización de su proceso con diferentes características, las cuales son: Fosas sépticas para tratar las aguas negras, cuyos elementos básicos son: Trampa de grasas (se instala solo cuando hay grasas en gran cantidad) Tanque Séptico (separa las partes sólidas del agua servida por un proceso de sedimentación), caja de distribución (disminuye el agua de la anterior unidad).

Campo de oxidación o infiltración (se oxida el agua servida y elimina por infiltración) y pozos de absorción (pueden subsistir o ser complementarios del anterior). Los tanques Imhoff son cámaras en las cuales pasan las aguas negras, por tener un comportamiento de digestión para un período de sedimentación. Los sedimentadores primarios se fundamentan en separar partículas por diferencia de densidad con ayuda de la fuerza de gravedad.

b) Tratamiento Secundario: es un tratamiento más avanzado para la remoción de sólidos, transformando los organismos no sedimentables.

Durante estos procesos hay una reducción sensible del número de patógenos en especial, por los procesos aeróbicos. Con esto se reduce notablemente el daño al medio ambiente al reducir DBO a valores comparables con los cuerpos receptores naturales, se reduce el riesgo a la salud, pero no se remueven nutrientes. En los cuerpos con período de retención prolongados aumentan la concentración a los valores que tienden a producir eutrofización.

c) Tratamiento terciario: este método remueven los sólidos en especial nitratos, fosfatos y también los metales pesados.

Existen muchos sistemas de tratamiento de aguas residuales, entre más avanzado sean, son mas complejos en su operación y mantenimiento, por ende el costo económico es muy elevado.

Para este sistema de alcantarillado sanitario, se eligió el tratamiento primario, utilizando fosas sépticas; realizando la descarga directa al cuerpo receptor, debido a que el nivel freático se encuentra a un nivel promedio entre 9-10 m, no fue recomendable colocar pozos de absorción.

También porque el costo económico de construcción, operación y mantenimiento, es bajo a comparación de otros tratamientos existentes y debe estar acorde a la capacidad económica de la municipalidad.

#### **2.1.28.6 Fosa séptica:**

La fosa séptica es uno de los más antiguos dispositivos para el proceso hidráulico y sanitario de la evacuación de excretas y otros residuos que provienen de viviendas individuales, agrupamientos de casas o instituciones situados tanto en zonas urbanas como rurales.

Se puede definir como un estanque cubierto y hermético, generalmente de forma rectangular, proyectado y diseñado para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, que oscilan entre doce y setenta y dos horas, durante el cual se efectúa un proceso anaeróbico de eliminación de sólidos sedimentables.

##### **2.1.28.6.1 Funciones de las fosas sépticas:**

Los desechos sólidos caseros sin ningún tratamiento obstruirán fácilmente casi todas las formaciones más porosas de grava, la fosa séptica acondiciona las aguas negras para que estén en capacidad de infiltrarse con mayor facilidad en el subsuelo.

Se deduce entonces que, la función más importante de una fosa séptica, es asegurar la protección para conservar la capacidad de absorción del suelo.

Para lograr esta protección deberá cumplirse tres funciones básicas:

1. Eliminación de sólidos
2. Proceso biológico de descomposición
3. Almacenamiento de natas y lodos

### DISEÑO DE FOSA SÉPTICA

No. de viviendas máximo/fosa: 60 viviendas.

Promedio de habitantes por casa: 6 habitantes

Dotación: 90 lts/hab/día

Factor de retorno: 75%

Período de retención: 24 hrs.

Período de Limpieza: 2 años

Volumen de lodos: 30 Lt/habxaño

Dotación por vivienda =  $0.54 \frac{m^3}{viv - día}$

Volumen de descarga (60 casas/fosa máximo)

$$Vol_{Descarga} = \left[ \frac{0.54m^3}{viv - día} * 60viv \right] * 0.75 = 24.30 \frac{m^3}{día}$$

Volumen por período de retención

$$Vol_{Retención} = Vol_{descarga} * \frac{T}{24hrs - día}, \text{ donde } T = \text{período de retención}$$

$$Vol_{Retención} = 24.30 * \frac{24hrs}{24hrs - día} = 24.30 \text{ m}^3$$

Volumen por período de limpieza

$$Vol_{Limpieza} = (30 \text{ Lts/hab}) * (360 \text{ hab}) = 10800 \text{ Lts/año} = 10.80 \text{ m}^3$$

Sumatoria de volúmenes de retención y limpieza en el diseño de la fosa séptica.

$$Vol_{Total} = Vol_{Retención} + Vol_{Limpieza} = 24.30 + 10.80 = 35.10 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque

$$Vol_{Tanque} = A * h$$

A= área transversal

h = Profundidad del líquido

L = longitud de fosa séptica

Despejando A

a = ancho de fosa séptica

$$A = \frac{V_{Tanque}}{h} = \frac{35.10}{2} = 17.55 \text{ m}^2$$

Relación de longitud y ancho

$$\frac{L}{a} = \frac{\text{Largo}}{\text{ancho}} = 2 \text{ ó } 3 \longrightarrow L=3a \text{ ó } L=2a$$

$$A = L * a = (2a)(a) = 3a^2 \longrightarrow a = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{17.55}{2}} = 2.95 \text{ m.}$$

$$\text{Entonces } L = 3(2.96) = L = 5.92 \text{ m,}$$

$$a = 2.95 \text{ m}$$

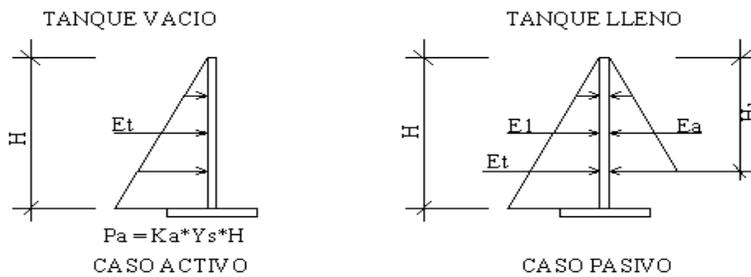
$$h = 2 \text{ m}$$

Nota: ver plano de fosa séptica (Apéndice 1).

Diseño estructural: los elementos de estructura principal del tanque son:

1. Diseño de las paredes del tanque
  2. diseño de elementos de estructura principal
  3. Diseño de losas del tanque
- 
1. Diseño de las paredes del tanque: los muros se construirán monolíticamente con las columnas, como análisis se considerarán como losas apoyadas sobre las mismas y sometidas al empuje lateral del suelo.

**Figura 5. Diagrama de empujes**



Tanque Vacío: caso activo

$$E_T = \frac{K_A \gamma_S H^2}{2}, \quad M_T = \frac{K_A \gamma_S H^3}{6}$$

Tanque Lleno: caso pasivo

Por equilibrio:  $E_1 = E_a$ ,  $K_p \gamma_s = \gamma_a$

Por consiguiente, el caso del tanque lleno es menos crítico, pues tiende a estabilizar las paredes. Entonces se diseñaran las paredes para el caso activo (tanque vacío).

Las cargas que actúan sobre los muros se calculan y analizan por el método de las bandas y con ellas se obtendrán los valores de cortante y momentos producidos por el empuje del suelo. Se aclara previamente que para este tipo de estructura el caso crítico se presenta cuando el tanque está vacío, pues en el caso de encontrarse lleno, los esfuerzos a que se encuentra sometido el mismo son menos críticos.

2. Diseño del elemento de estructura principal: para el diseño de estos elementos, que pueden ser columnas o contrafuertes, de acuerdo al espesor que nos resulte se toma nuevamente el caso de que el tanque se encuentra vacío (caso crítico), actúa solamente el empuje producido por el suelo.

$$P = \gamma H K_A \text{ (Base de la columna)}$$

$$E = \frac{\gamma H^2}{2} K_A * 1.45 \text{ (Carga última)}$$

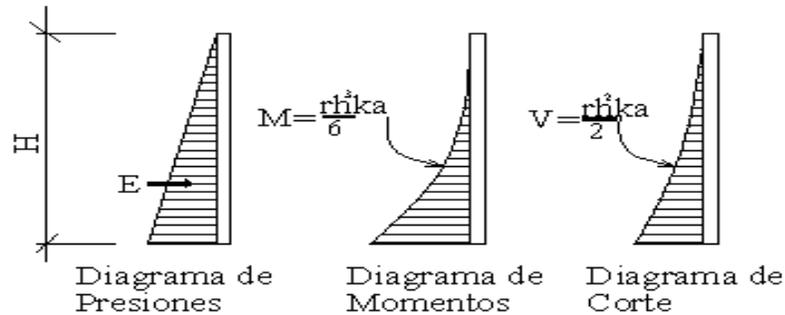
Por consiguiente, el momento de flexión máximo, en la base de la columna es:

$$M_{máx} = \frac{\gamma H^3}{6} * 1.45 a K_A$$

Determinación de cortante máximo:

$$M_{máx} = \frac{\gamma H^2}{2} * K_A * a * 1.45 \text{ (Carga última)}$$

Figura 6. Diagrama de presiones, momentos y corte.

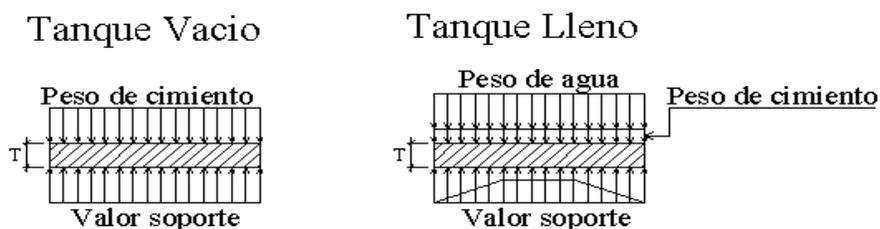


### 3. Diseño de losa del tanque

a) Tanque vacío: se desprecia el peso de la losa de fondo, se tomó en cuenta que el suelo es suficientemente adecuado para darle el soporte del mismo, es decir, la losa es resistida por el suelo, produciendo para el caso (fondo independiente de la estructura) esfuerzos bastante pequeños.

b) Tanque lleno: en este caso actúa la presión producida por el peso de la columna de agua más el peso de la losa, siendo los esfuerzos menores.

Figura 7. Diagrama de presiones en el fondo del tanque



El fondo se diseñará con la resultante de presiones producidas sobre el terreno: cuando el tanque está lleno la resultante de presiones ejercida por el suelo es mayor, la losa se podrá diseñar con una carga uniforme distribuida producida por el apoyo flexible que nos proporciona el suelo.

Para la losa (cubierta) se diseña como una losa tradicional.

### **2.1.29 Plan de operación y mantenimiento**

La inspección y limpieza de una fosa séptica requiere de ciertos procedimientos y técnicas, para que posteriormente funcione en forma adecuada. Para ello se sugiere aplicar los siguientes pasos:

#### **2.1.29.1 Inspección:**

- localizar el lugar donde se encuentra la fosa séptica, la que podrá realizarse por medio de los planos de construcción.
- Una vez identificado el lugar, se procederá a excavar (preferiblemente por medio de un pala, evitando el uso de piochas, que puede dañar la cubierta de la fosa), tomando en cuenta que estos dispositivos hidráulicos suelen encontrarse a poca profundidad del nivel del suelo. Resulta innecesario descubrir toda la superficie de la fosa, por lo que se deberá hacer en lugares donde se localizan las tapas de registro.
- Descubiertas las tapas de registro, se pueden golpear suave pero firmemente en los bordes con el cabo de la pala, para que se aflojen; así podrán levantarse más fácilmente. Primero se levanta la que se encuentra sobre el deflector de salida, cuidando a la vez de no aspirar los gases que puedan emanar de las fosas, ya que pueden ser tóxicos.

- Levantadas las tapas de registro, es conveniente dejar que la fosa séptica se ventile previamente durante unos cinco minutos, a fin de que escapen los gases tóxicos e inflamables que se generan en su interior, que puedan ser peligrosos.

#### **2.1.29.2 Limpieza:**

Una vez efectuados los pasos de inspección descritos con anterioridad, se procede a la limpieza, si se determinó su necesidad. Para ello, se puede operar de la forma siguiente:

- Si se cuenta con equipos especiales como bomba de succión y camión cisterna, se introduce la manguera de la bomba en la superficie en donde están las natas, con el fin de ir las extrayendo y depositándolas en la cisterna.
- Si no se cuenta con el equipo mencionado, el contenido de la fosa puede extraerse por medio de cubetas provistas de mangos largos (atados al asa de la cubeta), e irlo depositando en carretillas. Al llegar a los lodos, deberá recordarse que se ha de dejar un pequeño residuo de éstos, para propósito de inoculación de bacterias.
- Las fosas sépticas NO deben lavarse ni desinfectarse después de su limpieza (ya sea por bombeo, con cubetas o cualquier otro procedimiento).
- Una vez vaciada la fosa séptica, deberán colocarse nuevamente las tapas de registro, cuidando que queden bien aisladas, para evitar posibles fugas de olores o gases. Se procederá entonces a rellenar las tapas, y de ser posible se debe colocar una marca sobre ésta, con el fin de facilitar la localización en futuras operaciones.

- El material retirado de una fosa puede enterrarse en lugares deshabitados (preferiblemente fuera del perímetro urbano), en zanjas que tengan un mínimo de 60cms de profundidad. Las natas, líquidos y lodos extraídos de una fosa suelen contener partes sin digerir, que siguen siendo nocivas, pudiendo ser peligrosas para su salud. Por tanto, estos fangos, si se desearán usar como fertilizantes, no se podrían aprovechar de inmediato, por lo que se deberán mezclar convenientemente con otros residuos orgánicos (basura, hierba cortada, etc.). El material líquido retirado, no deberán vaciarse en sistemas de aguas pluviales o en corrientes de aguas (ríos), por el evidente peligro de contaminación.

#### **2.1.29.3 Mantenimiento:**

El efectuar la inspección periódica y realizar la limpieza cuando sea necesario en una fosa séptica, implica darle mantenimiento. Sin embargo, este no es sólo cumplir con las operaciones sugeridas anteriormente, sino también tener presentes que la fosa séptica es un dispositivo hidráulico – sanitario que requiere cuidado, por el proceso anaeróbico – biológico que en ella se desarrolla. Por tanto, deben observarse con cuidado en cuento al uso de desinfectantes u otras sustancias químicas que se usan en artefactos sanitarios o domésticos, y posteriormente llegan a ella.

#### **2.1.29.4 Desinfectantes**

Como regla general, no es aconsejable el agregar desinfectantes o sustancias químicas a una fosa séptica, ya que ello no mejora en modo alguno su funcionamiento.

Ciertos productos patentados en el mercado, que aparentemente “limpian” las fosas sépticas, provocan, posteriormente y en plazos relativamente muy cortos, el aumento de los lodos con gran incremento de alcalinidad, ya que contienen hidróxido de potasio como agente activo, que altera el proceso digestivo de hongos y bacterias.

Más bien, estos productos son usados para destapar desagües o tuberías obstruidas, por sus altas concentraciones y poder químico. El efluente resultante puede dañar el suelo en forma peligrosa, saturándolo rápidamente, aunque se note un alivio momentáneo una vez que ha sido aplicado el producto.

#### **2.1.29.5 Precauciones:**

La aplicación inmoderada de jabones, blanqueadores, detergentes, destapadores de desagües y otros productos afectan tanto al suelo como su organismo esencial, por lo que debe tenerse cuidado en el uso de ellos.

Aproximadamente hay a la venta 1,000 productos (muchos incluso contienen enzimas) para ser aplicados en fosa séptica, de los que hasta ahora, ninguno ha demostrado ser efectivo en pruebas supervisadas. Debe consultarse previamente a organismos o empresas calificadas en cuanto a la aplicación de sustancias químicas, que en muchos casos se usan en los artefactos domésticos y sanitarios, con el fin de evitar daños futuros tanto en la red de drenajes como en la fosa séptica.

### 2.1.30 Planos

Los planos elaborados son los siguientes:

1. Planta general y densidad de vivienda.
2. Planta – Perfil
3. Detalle de pozos de visita y conexión domiciliar
4. Detalle de Fosas Sépticas

(Ver apéndice 1)

### 2.1.31 Presupuesto de la obra

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, el salario de la mano de obra, se aplicó lo que la Municipalidad asigna para estos casos, mientras que los materiales fueron cotizados en la región de El Quiché.

Se consideró un porcentaje de indirectos, del 37%, el cual se distribuyó en los renglones de acuerdo a recomendaciones de la municipalidad.

**Tabla V. Presupuesto del sistema de Alcantarillado Sanitario**

PRESUPUESTO					
PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO					
ALDEA XIX, MUNICIPIO DE CHAJUL, EL QUICHÉ					
MUNICIPALIDAD DE CHAJUL					
No.	RENLÓN DE TRABAJO	Unidad	P.U	Cantidad	TOTAL
1	Excavación	m <sup>3</sup>	Q 11.12	9318	Q 103,597.52
1.1	Relleno	m <sup>3</sup>	Q 9.22	7454.4	Q 68,748.20
1.2	Retiro de Sobrante	m <sup>3</sup>	Q 16.00	1863.6	Q 29,812.01
1.3	Tubería de PVC 4"x6m norma 3034	ml	Q 2.84	3130	Q 8,886.07
1.4	Tubería de PVC 6"x6m SDR 35 ASTM 3034	ml	Q 182.43	6212	Q 1,133,256.49
1.5	Conexión Domiciliar	Unidad	Q 1,420.35	174	Q 247,140.90
1.6	Pozos de Visita	Unidad	Q 4,900.03	76	Q 372,402.20
1.7	Fosa Séptica	Unidad	Q46,695.41	4	Q 186,781.63
TOTAL					Q 2,150,625.03

## **2.2 Diseño del edificio escolar de dos niveles en la aldea Xix del Municipio de Chajul, El Quiché.**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto a diseñar consiste en un módulo escolar de dos niveles en área rural, la distribución de ambientes será:

- El segundo nivel, tendrá tres aulas
- El primer nivel, está compuesto de dos aulas, Dirección y un ingreso para automóvil.

Debido a que el actual edificio escolar no posee la capacidad de albergar a los estudiantes, se tuvo la necesidad de ampliar la escuela, por lo tanto lo que se necesita es el módulo descrito anteriormente, el servicio sanitario e instalaciones de agua potable ya existen, por lo tanto, no se incluyeron dentro del diseño.

La estructura del módulo escolar será a base de marcos dúctiles y losas de concreto armado, los muros serán tabiques de mampostería reforzada de block pómez, ventanas, puertas de metal y piso de granito de mármol.

## **2.2.2 Descripción del terreno disponible**

### **2.2.2.1 Localización del terreno**

El terreno se localiza en el centro de la población de la aldea Xix.

### **2.2.2.2 Topografía del terreno**

Por la forma del terreno no hubo necesidad de realizar un levantamiento planimétrico ni altimétrico, ya que el terreno es de una superficie plana. La medición se realizó con cinta y tiene un área de 200.475 m<sup>2</sup>

### **2.2.2.3 Suelo**

#### **2.2.2.3.1 Definición de suelo y roca**

Suelo: se define como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.

El suelo en general contiene una amplia variedad de materiales tales como: grava, arena, mezclas arcillosas y limos.

Roca: en ingeniería se define como material endurecido que para excavarlo se necesitan usar taladros, explosivos y otros procedimientos de fuerza bruta. El grado mínimo que caracteriza a una roca es una resistencia a compresión de 14PSI.

### 2.2.2.3.2 Análisis de la capacidad del suelo

Valor soporte del suelo: también llamado capacidad de carga o apoyo de los cimientos, es una característica de cada sistema de suelo-cimentación, y no sólo una cualidad intrínseca del suelo. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo, forma, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica la presión.

La resistencia de los suelos a la deformación depende, sobre todo, de su resistencia a la fuerza cortante. Esta resistencia a la fuerza cortante equivale a su vez, a la suma de dos componentes fricción y cohesión.

El cálculo del valor soporte se realizó aplicando el método de Terzaghi, para el ensayo fue triaxial, se realizó con una muestra inalterada.

El suelo tiene una descripción limo arcilloso-arenoso color café.

Cálculo del valor soporte

Coeficiente de cohesión =  $1.55 \text{ Ton}/\text{m}^2$

Ángulo de fricción interna  $\Phi = 18.1^\circ$

Base = 1.75 m

$\gamma_{\text{suelo}} = 0.65 \text{ Ton}/\text{m}^3$

Desplante = 1.50 m

Factor de seguridad = 3

$$\phi_{\text{rad}} = \frac{\phi * \pi}{180} = \frac{18.1 * \pi}{180} = 0.3159$$

Factor de flujo de carga

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \phi_{rad}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0.3159\right) \tan(0.3159)}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{0.3159}{2}\right)} = 7.09$$

Factor de flujo de carga última

$$Nc = \cot \phi * (Nq - 1) = Nc = \cot 0.3159 * (7.09 - 1) = 18.63$$

Factor de flujo de  $\gamma$

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan \phi = N\gamma = 2 * (7.09 + 1) * \tan(0.3159) = 5.28$$

Capacidad portante última

$$q_o = 0.4 * \gamma_{suelo} * B * N\gamma + 1.3CN_c + \gamma_{suelo} * D * Nq$$

$$q_o = 0.4(0.65 * 1.75 * 5.28) + 1.3(1.55 * 18.63) + (1.21 * 1.5 * 7.09) = 46.85 \text{ Ton/m}^2$$

Capacidad portante neta última

$$q_{on} = q_o + \gamma_{suelo} * Dq = q_{on} = 46.85 - (1.50 * 0.65) = 45.88 \text{ Ton/m}^2$$

Capacidad soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_{on}}{F.S} = V_s = \frac{45.88}{3} = 15.29 \text{ Ton/m}^2$$

## **2.2.4 Normas para el diseño de edificios educativos**

Para la distribución y disposición de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplican las normas contenidas en el “reglamento de construcciones de edificios escolares”, conjugándolas con criterios personales. Las normas aplicadas en este trabajo se describen a continuación.

### **2.2.4.1 Criterios generales**

#### **2.2.4.2 Criterios de conjunto**

- a) Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe de cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir y se debe de diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.
- b) Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en planta baja no excede el 40% del área total del terreno.
- c) Orientación del edificio: una correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal es de Norte a Sur, de preferencia abriendo las ventanas hacia el Norte; sin embargo, la orientación será definida en el

terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir ventanas bajas.

- d) Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe de exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

Para el edificio escolar, se tomó en cuenta lo descrito anteriormente, debido a que es una ampliación, el área de construcción ocupará el 100% del terreno; el establecimiento esta orientado de norte a sur, lo cual garantiza una correcta iluminación y ventilación; el módulo escolar de 2 niveles, con altura de aulas de 2.80 m, con lo que se cumple el inciso (d).

#### **2.2.4.3 Criterios de iluminación**

- a) generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe de ser abundante y uniforme, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor la iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como mejor resultado una mejor iluminación.

b) Tipos de iluminación: por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos cuatro tipos de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación:

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del aula tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25% a 30% del área total de piso; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros; y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2.5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula; las ventanas deben tener un área de iluminación entre 25% a 30%.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula, para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15% a 20% del área total de piso.
- Iluminación artificial: este caso se acepta únicamente cuando sea muy justificado; debe ser difuso, para evitar molestias en la vista; también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

Para la iluminación del edificio escolar, se tomó el concepto de iluminación natural bilateral, ya que el edificio está orientado de norte a sur, teniendo un área de iluminación del 25%. Para la iluminación artificial, se colocarán lámparas de 2x40 tipo industrial, en losas y lámparas de pared en los pasillos.

#### **2.2.4.4 Otros criterios**

- a) Ventilación: la cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.
  
- b) Criterios de color: desde el punto de vista físico, el color de los ambientes, optimiza la iluminación de los mismos; desde el punto de vista psicológico, los colores influyen en el estado de ánimo del usuario del aula.
  
- c) Confort acústico: es importante que en un centro educativo exista confort acústico, ya que éste influye grandemente en el estado anímico y el grado de concentración del alumno. Para el confort acústico es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Para la edificación escolar, la ubicación de la escuela facilitó la ventilación debido a que el viento va de Norte a Sur. El lugar donde se localiza la escuela, el tránsito es escaso, por lo cual el ruido vehicular no afecta.

#### **2.2.4.5 Instalaciones**

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En su diseño y colocación se debe de garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio

- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales.

Las instalaciones a diseñar en el edificio escolar son  
Drenaje pluvial e instalaciones eléctricas.

#### **2.2.4.6 Aula teórica**

La función del aula teórica es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya sea en forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario para desarrollar otras técnicas didácticas.

Las recomendaciones para el diseño de aula teórica son las siguientes:

- La capacidad óptima en el nivel básico es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de  $1.50 \text{ m}^2$ , pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de  $1.30 \text{ m}^2$ .

#### **2.2.5 Diseño arquitectónico**

Las aulas se diseñaron con capacidad de 35 alumnos, necesitando un área mínima de  $1.30 \text{ m}^2$ , y un área interna de salón de  $45.88 \text{ m}^2$ . Tiene forma rectangular de  $5.70 \times 8.05 \text{ m}$ .

El diseño arquitectónico se hace para obtener una buena distribución de ambientes y la forma de las mismas, para lograr una buena comodidad y que el edificio sea funcional.

El proyecto consistirá en la construcción de cinco aulas, la cual serán utilizadas para primaria y básico, además tendrá un ambiente para Dirección.

### **Ubicación del edificio en el terreno**

El módulo está orientado de Norte a Sur, el edificio de aulas abarca todo el área descrita, con espacio disponible para una evacuación segura.

### **Altura del edificio**

Se escoge hacer el edificio de dos niveles por razón de espacio disponible; esto cumple con la norma de tres niveles como máximo.

La altura de todos los ambientes es la misma y se deja con estas medidas para dar confort, tanto en los ambientes como en los espacios de circulación. La altura de piso a cielo es de 2.80 m.

### **Selección del sistema estructural a utilizar**

Elegir un sistema estructural no requiere de operaciones matemáticas, sino que conlleva a muchas consideraciones, las determinan objetivos importantes:

- Se debe cumplir los requisitos de funcionalidad de la edificación.
- La estructura debe de soportar las cargas.

- Una estructura segura y económica.

Existen sistemas que se desempeñen mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que se busca un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados. Para este proyecto se decidió utilizar el sistema de marcos dúctiles, con losas planas de concreto reforzado.

## **2.2.6 Diseño estructural**

### **2.2.6.1 Análisis estructural**

La determinación de las fuerzas y deformaciones que se producen en una estructura debido a la aplicación de cargas, es lo que se define como análisis estructural.

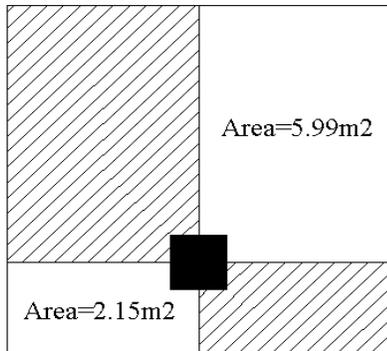
### **2.2.6.2 Predimensionamiento estructural**

Predimensionar un elemento estructural, consiste en estimar secciones preliminares, para lo cual el proyectista puede basarse en la experiencia, en ayudas de diseño, a través de tablas, gráficas, etc.

#### **a) Columnas:**

El método que se utiliza para predimensionar columnas, determina la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de las columnas, por tal razón se toma la columna crítica o sea la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

**Figura 8. Área tributaria para columna**



Datos:

$P$  = carga axial

$P$  = Área tributaria x peso específico concreto

$P = 16.30 \times 2400 = 39120 \text{ kg/m}$

$F'_c = 210 \text{ kg/m}$

$F'_y = 2810 \text{ Kg/m}$

$A_g$  = área gruesa de columna

$A_s$  = área de acero,  $1\%(A_g) \leq A_s \leq 6\%(A_g)$

La dimensión menor debe de ser mayor o igual a 25 cms y el área mínima total será de  $625 \text{ cms}^2$ .

Fórmula:  $P = 0.8 * (0.225 * f'_c * A_g + F'_y * A_s)$

$$39120 = 0.8 * (0.225 * 210 * A_g + 2810 * (0.01 * A_g))$$

$$A_g = 648.97 \text{ m}^2$$

Proponiendo una columna de 30x30 cm  $\longrightarrow$   $A = 900 \text{ cm}^2 > A_g$ .

**b) Vigas:**

Para predimensionar vigas, el método utilizado determina el peralte de la viga, dependiendo esta de la luz que cubre la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador, usando aquí el ancho de las columnas, en este caso sólo se calcula la viga mas crítica o sea la de mayor longitud, y las demás vigas quedaran con la misma sección.

Para vigas rectangulares, ACI contempla peraltes mínimos en vigas, para una rigidez adecuada sin grandes deflexiones.

**Tabla VI. Tabla para el cálculo de peralte mínimo**

Peralte mínimo ( h )				
Elemento	Simplemente Apoyado	Con un extremo Continuo	Ambos Extremos Continuos	En Voladizo
	Elementos que no soportan o están ligados a divisiones u otro tipo de construcción susceptibles de dañarse por grandes deflexiones.			
Vigas	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Fuente: Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-99). Pág.38

La tabla anterior calcula el peralte de viga, dependiendo ésta, de la luz (L) que cubre la viga.

Datos:

$$L = 5.85 \text{ m}$$

$$\text{Sección de columna} = 0.30 \times 0.30 \text{ m}$$

h = Peralte.

$$L = 5.85 - 0.30 = 5.55 \text{ m}$$

$$\text{Peralte viga} = L/18.5 = 5.55/18.5 = 0.30 \text{ m se adopta } 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Base de viga} = 0.30 \text{ m} \quad \text{Sección de Viga} = 30 \times 40 \text{ cms}$$

**c) Losa:**

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como para transmitir cargas verticales y horizontales. Por su espesor, pueden dividirse en cascarones ( $t < 0.09$ ), planas ( $0.09 \leq t \leq 0.12$ ) y nervadas ( $t > 0.12$ ).

Para losas en dos direcciones, ACI recomienda:

Espesor de Losa = Perímetro / 180

$$T = 2(5.85+4.85) / 180$$

$$T = 0.11\text{m}$$

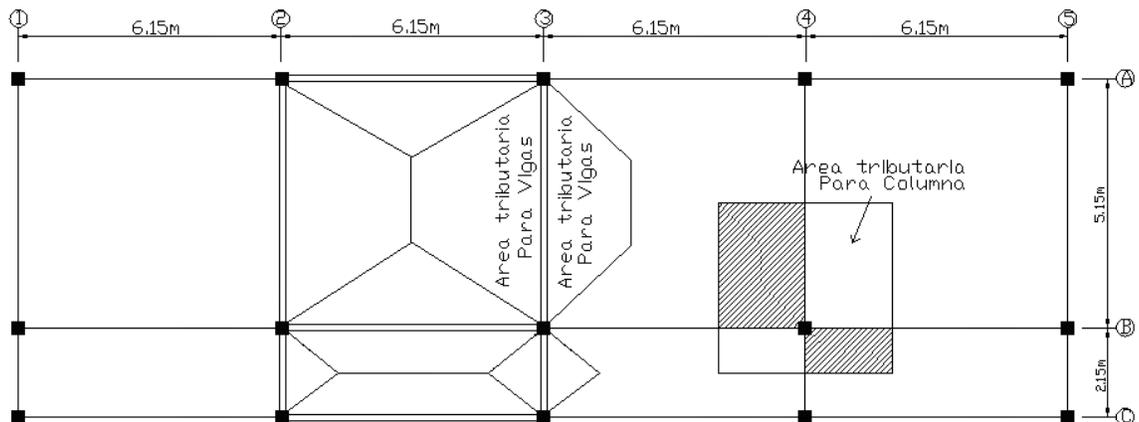
Espesor de Losa = 0.11m

#### d) Cimientos:

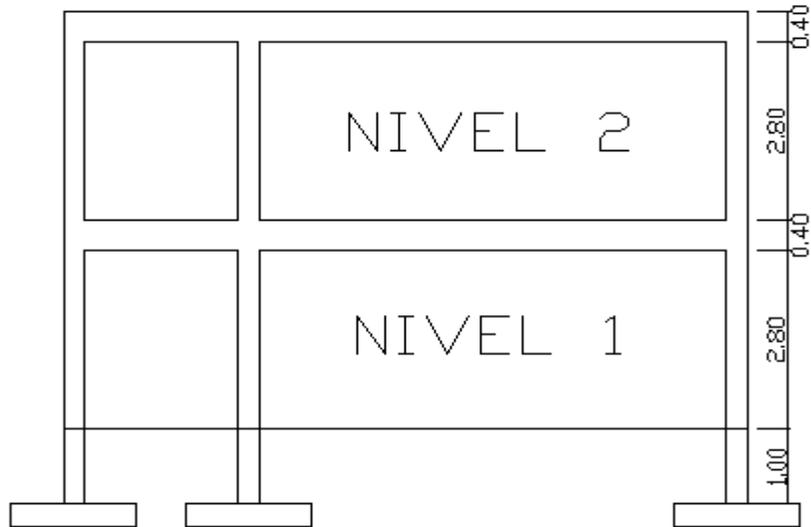
Para los cimientos se usan zapatas aisladas, cuyo predimensionamiento se presenta en el diseño de zapatas. Ver sección 2.2.7.5.

Con los resultados obtenidos del predimensionamiento y tomando en cuenta la distribución arquitectónica, se presenta la figura 9, donde se muestra la planta típica acotada con su respectiva distribución de vigas y columnas.

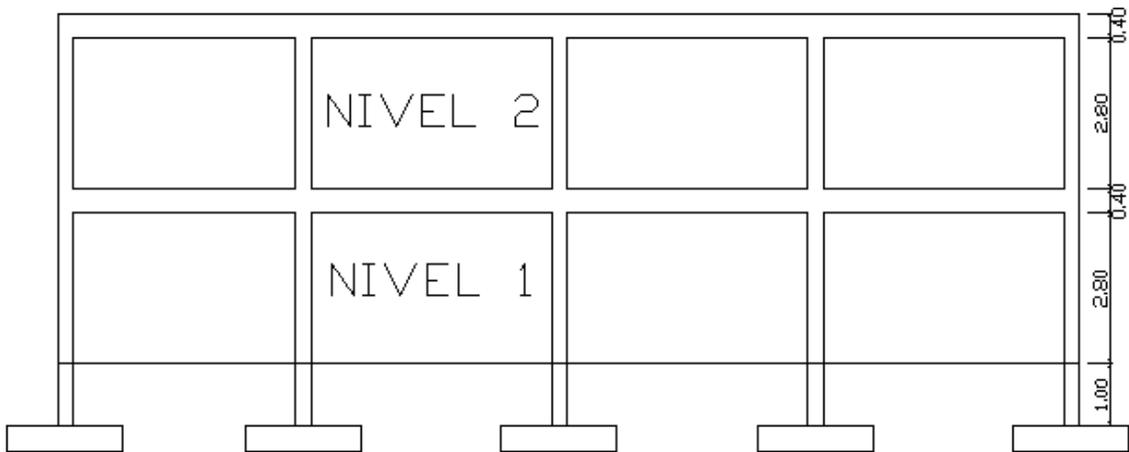
**Figura 9. Planta, edificio de aulas**



**Figura 10. Elevación marco típico, sentido Y**



**Figura 11. Elevación marco rígido, sentido X**



### **2.2.6.3 Modelos matemáticos de marcos dúctiles**

El modelo matemático de un marco dúctil es una gráfica que representa tanto la forma como las cargas que soporta el marco y que sirve para realizar el análisis estructural.

Las figuras 10 y 11 muestran los modelos matemáticos de los marcos dúctiles en el sentido X y en el sentido Y, respectivamente. La integración de cargas muertas y vivas se muestra en la sección 2.2.6.4.2.

#### **2.2.6.4 Cargas aplicadas a los marcos dúctiles**

Las cargas en una estructura, de acuerdo con la dirección en que se aplican se divide en: carga horizontal y carga vertical.

##### **2.2.6.4.1 Cargas horizontales en marcos dúctiles**

Existen dos fuerzas horizontales, viento y sismo, a las que está expuesto un edificio. Generalmente, se considera en el análisis estructural únicamente una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. Para encontrar las fuerzas sísmicas al edificio de aulas, se aplicó el método SEAOC, de la manera siguiente:

#### **MÉTODO SEAOC – EDIFICIO DE AULAS**

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. El corte basal está dado por la fórmula siguiente:

$$V = Z * I * K * C * S * W$$

- Z = Coeficiente de riesgo sísmico que depende de la zona , Región 4.2 Z = 1
- I = Coeficiente que depende de la importancia de la estructura, después de un evento sísmico. I = 1.30
- K = Coeficiente que depende del tipo de la estructura. K = 0.67
- C = Coeficiente ligado al período de vibración de la estructura.
- S = Coeficiente que depende del suelo de cimentación S = 1.5
- W = Peso propio de la estructura.+25%WCV

NOTA: El sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio.

Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X e Y longitudinal y transversal respectivamente, con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

El factor C depende del período natural fundamental de vibración de la estructura T y está dado por  $C = \frac{1}{1.5\sqrt{T}}$  el valor C debe ser menor que 0.12, si este valor da más que 0.12 se debe de usar 0.12. El valor C se determina, en el sentido X y en el sentido Y, de la manera siguiente:

$$T_X = (0.0906*7.72)/(24.60)^{1/2} = 0.14 \quad C_X = 1/(15*(0.18)^{1/2}) = 0.17$$

$$T_Y = (0.0906*7.72)/(7.95)^{1/2} = 0.24 \quad C_Y = 1/(15*(0.14)^{1/2}) = 0.13$$

$$C_X*S = 0.12*1.50 = 0.18 \quad CS = 0.14$$

$$C_X*S = 0.12*1.50 = 0.18 \quad \longrightarrow \quad CS = 0.14$$



#### 2.2.6.4.2 Cargas verticales en marcos dúctiles

También llamadas cargas por gravedad, se divide en carga viva y carga muerta. La carga viva, son cargas ocasionales, tales como el peso de personas, etc., la carga muerta, es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura, generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integra la estructura.

Datos:

Peso del concreto =  $2400\text{Kg/m}^3$

Acabados =  $60\text{Kg/m}^2$

Peso de piso =  $144\text{ Kg/m}^2$

Peso de muros =  $150\text{ Kg/m}^2$

a) Segundo nivel

Carga muerta:

$W_{\text{Los}} = (\text{Espesor de losa})(\text{Área tributaria})(\text{Peso del concreto})$

$W_{\text{Los}} = (0.11\text{m})(195.57\text{m}^2)(2400\text{Kg/m}^3) = 51630\text{ Kg}$

$W_{\text{Viga}} = 31068\text{ kg}$

$W_{\text{Columna}} = 6350\text{ Kg}$

$W_{\text{Acabados}} = 11734.20\text{ Kg}$

$W_{\text{Piso}} = 28162\text{ Kg}$

Total de carga muerta ( $W_{\text{CM}}$ ) =  $128944\text{ Kg}$

Carga viva ( $W_{\text{CV}}$ ) =  $(\text{CV})(\text{Área tributaria})$

Carga viva =  $(100\text{ Kg/m}^2)(195.57\text{ m}^2) = 19557\text{ Kg}$

Peso de la estructura =  $W_{\text{2nivel}}$

$W_{\text{2nivel}} = W_{\text{CM}} + 0.25 W_{\text{CV}}$

$W_{\text{2nivel}} = 133834\text{ Kg}$

b) Primer nivel

$W_{\text{Losas}} = ((\text{Espesor de losa}) (\text{Peso del concreto}) + W_{\text{paredes}} + W_{\text{Piso}}) (\text{Área tributaria})$

$W_{\text{Losas}} = ((0.11 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) + 144 \text{ Kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2)(195.57 \text{ m}^2) = 109,128 \text{ Kg}$

$W_{\text{Viga}} = 31068 \text{ kg.}$

$W_{\text{Columna}} = 24494 \text{ kg}$

$W_{\text{Acabados}} = 11734.20 \text{ kg}$

Total de Carga Muerta ( $W_{\text{CM}}$ ) = 176424 Kg

Carga Viva ( $W_{\text{CV}}$ ) = (CV)(Área tributaria)

Carga Viva =  $(450 \text{ Kg/m}^2)(195.57 \text{ m}^2) = 88,006.50 \text{ kg}$

Peso de la estructura =  $W_{2\text{nivel}}$

$W_{1\text{nivel}} = W_{\text{CM}} + 0.25 W_{\text{CV}}$

$W_{1\text{nivel}} = 198425.90 \text{ Kg}$

Peso total de la estructura =  $W_{\text{Total}}$

$W_{\text{Total}} = W_{1\text{nivel}} + W_{2\text{nivel}}$

$W_{\text{Total}} = 332259.90 \text{ Kg}$

Corte basal:  $V = Z * I * K * C * S * W$

$V = (1) * (1.30) * (0.67) * (0.14) * (332259.90)$

$V = 40515.8 \text{ Kg}$

Fuerzas por nivel ( $F_{ni}$ ): las fuerzas por nivel está dada por la fórmula:

$$F_{ni} = \left[ \frac{(V - F_t) * W_{hi}}{\sum (W_{hi})} \right]$$

$V$  = Corte Basal

$F_t$  = Fuerza de techo, si  $t$ (período natural de vibración) es menor que 0.25seg, entonces,  $F_t = 0$

$W$  = Peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas

$W_i$  = Peso propio de la estructura + 25% de las vargas vivas por nivel

$h_i$  = Altura medida desde la cimentación al nivel considerado

Se calcula primero  $F_n$  respecto al eje X y después al eje Y, como  $t < 0.25$ ,  $F_t = 0$

$$F_{ny2} = F_{nx2} = \left[ \frac{(40515.80 - 0) * 133834 * 6.8}{(133834 * 6.8 + 198425.90 * 4.20)} \right] = 21076.92 \text{ Kg}$$

$$F_{ny1} = F_{nx1} = \left[ \frac{(40515.80 - 0) * 198425.90 * 4.20}{(133834 * 6.8 + 198425.90 * 4.20)} \right] = 19438.85 \text{ Kg}$$

Fuerzas por marco

En la estructura se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos espaciados son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso  $F_i$  proporcional a la rigidez de los marcos.

#### a) Fuerzas por marcos Y – Y

Como se puede observar en la figura 12, el edificio es simétrico en Y, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido y.

Segundo nivel:

La fuerza del segundo nivel debe incluir  $F_t$

$$F_m = \left[ \frac{(F_2 + F_t)}{\# \text{Mar cos}} \right] = \left[ \frac{21076.92 + 0}{5} \right] = 4215.38 \text{ Kg}$$

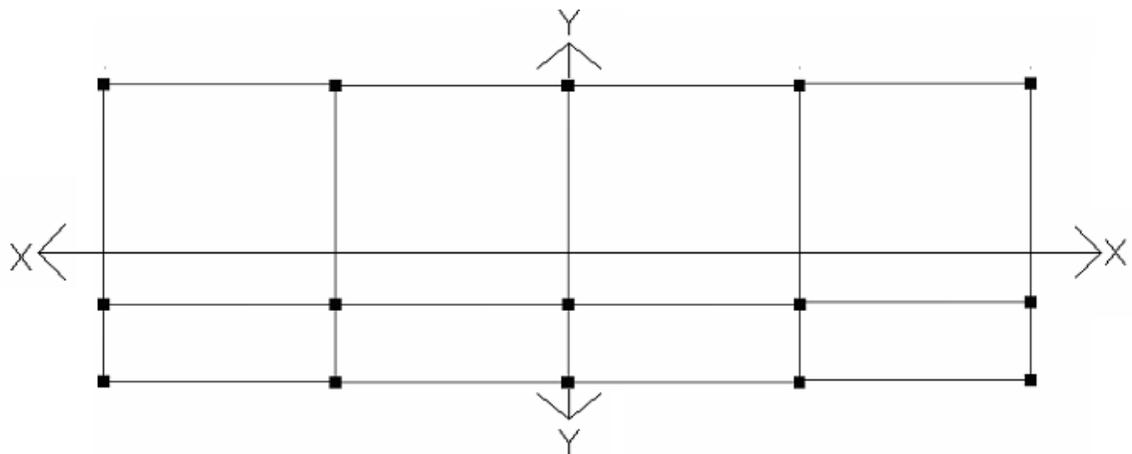
Primer nivel:

$$F_m = \left[ \frac{F_1}{\# \text{Mar cos}} \right] = \left[ \frac{19438.85}{5} \right] = 3887.77 \text{ Kg}$$

## b) Fuerzas por marcos X – X

En la figura 12, se observa que no existe simetría en x, por lo que hay torsión en el edificio. Un método simplificado de analizar la torsión en las estructuras consiste en considerar separadamente los desplazamientos relativos del edificio, ocasionados por la traslación y los debidos a rotación en cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel, determinadas por las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez.

Figura 12. Simetría del edificio escolar



Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo y, por lo tanto, la ecuación de rigidez a utilizar.

Voladizo: Se refiere a edificios de un nivel o a los últimos niveles de edificios de varios niveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1.2Ph}{AG}}$$

Doblemente empotrado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.2Ph}{AG}}$$

- P = Carga asumida, generalmente 10,000kg
- H = Altura del muro o columna analizada
- E = Módulo de elasticidad del concreto (15100√F'c)
- I = Inercia del elemento
- A = Sección transversal del muro o columna analizada
- G = Módulo de rigidez (0.4E)

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce excentricidad en la estructura, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión  $F_i''$  (fuerza rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza traslacional).

$$F_m = F_i'' \pm F_i'$$

Para esto se utilizan las siguientes fórmulas

$$Fi' = \frac{(Km * Fn)}{\sum Ki}, \quad Fi'' = \frac{(e * Fn)}{Ei}, \quad Fi = \frac{\sum Kmdi^2}{Kmdi}$$

$Km$  = rigidez del marco

$\sum Ki$  = rigidez total del nivel. Es la sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga

$di$  = distancia de CR a marco considerado

$Fn$  = fuerza por nivel

$Ei$  = Relación entre rigideces y brazo de cada marco

$e$  = excentricidad

## Segundo nivel

Rigidez de la columna en el eje X-X se utiliza la fórmula de voladizo por ser el último nivel.

$$K = \frac{1}{\frac{10000(280)^3}{3 * 15100 \sqrt{210} * \frac{1}{12} 30^4} + \frac{1.2(10000)(280)}{30 * 30 * 0.4 * 15100 \sqrt{210}}} = 0.20$$

$$Km = 7 * 0.20 = 1.40$$

Tabla VII. Cálculo del centro de rigidez (2Nivel)

MARCO	K	L	KL
C	1.40	0	0
B	1.40	2.1	2.941925868
A	1.40	7.95	11.13729079
<b>SUMATORIA</b>	4.20		14.07921666

CR = Centro de rigidez

$$CR = KL/K = (14.08/4.20) = 3.35$$

$$CM_x = 3.975$$

$$CM_y = 12.30$$

$$e = CM_x - CR = 3.975 - 3.35 = 0.625$$

$$e_{min} = 0.05 * h \text{ (h = altura del edificio) , } e_{min} = 0.05(6.80 \text{ m}) = 0.34$$

**Tabla VIII. Fuerza por marco por torsión (2Nivel)**

Marco	km	Di	kmdi	Kmdi <sup>2</sup>	Ei	Fi'	Fi''	Fm
<b>C</b>	1.40	-3.35	-4.69	15.72	-10.13	7025.64	-707.22	6318.42
<b>B</b>	1.40	-1.25	-1.75	2.19	-27.16	7025.64	-263.89	6761.75
<b>A</b>	1.40	4.60	6.44	29.64	7.38	7025.64	971.11	7996.75
	<b>4.20</b>			<b>47.55</b>		<b>21076.92</b>		<b>21076.92</b>

Si el valor  $F_m < F_i''$  se debe de tomar  $F_i'$  como la fuerza del marco. Si el valor  $F_m > F_i''$ ,  $F_m$  será el valor del marco analizado. Es decir que, se toman los valores críticos.

### Primer nivel

La rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada, por ser primer nivel de un edificio multiniveles.

De la fórmula de doble empotramiento se obtiene:

$$K = \frac{1}{\frac{10000(380)^3}{12 * 15100 \sqrt{210} * \frac{1}{12} 30^4} + \frac{1.2(10000)(380)}{30 * 30 * 0.4 * 15100 \sqrt{210}}} = 0.317$$

$$K_m = 7 * 0.317 = 2.22$$

**Tabla IX. Cálculo del centro de rigidez (Nivel 2)**

MARCO	K	L	KL
C	2.22	0	0.00
B	2.22	2.1	4.66
A	2.22	7.95	17.65
<b>SUMATORIA</b>	6.66		22.31

CR = Centro de rigidez

$$CR = 3.35$$

$$CM_x = 3.975$$

$$CM_y = 12.30$$

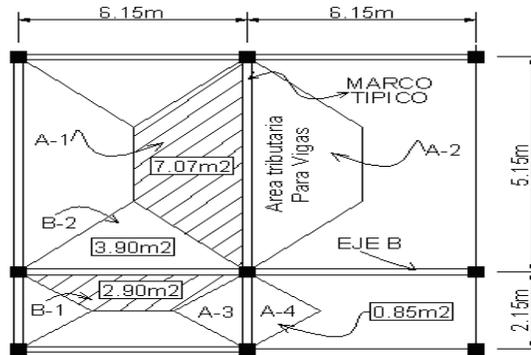
$$e = CM_x - CR = 3.975 - 3.35 = 0.625$$

$$e_{min} = 0.05 \cdot h \text{ (h = altura del edificio) , } e_{min} = 0.05(6.80 \text{ m}) = 0.34$$

**Tabla X. Fuerza por marco por torsión (2Nivel)**

Marco	km	Di	Kmdi	Kmdi <sup>2</sup>	Fi	Fi'	Fi''	Fm
C	2.22	-3.35	-7.44	24.91	-10.13	6479.62	-652.26	5827.36
B	2.22	-1.25	-2.77	3.47	-27.16	6479.62	-243.38	6236.24
A	2.22	4.60	10.21	46.97	7.38	6479.62	895.64	7375.25
	<b>6.66</b>					<b>19438.85</b>		<b>19438.85</b>

Figura 13. Área tributaria para vigas.



Integración de cargas:

Losa: $(2400\text{Kg}/\text{m}^3)(0.11\text{m})$	= 264 $\text{kg}/\text{m}^2$
Acabados	= 60 $\text{Kg}/\text{m}^2$
Muros divisores y tabiques	= 150 $\text{Kg}/\text{m}^2$
Peso propio de la viga	= 240 $\text{Kg}/\text{m}$
Carga viva entrepiso	= 400 $\text{Kg}/\text{m}^2$
Carga viva techo	= 100 $\text{Kg}/\text{m}^2$
Peso de concreto	= 2400 $\text{Kg}/\text{m}^3$
Viga = $0.30 \times 0.40 \times 2400$	= 240 $\text{Kg}/\text{m}$

### Marco típico nivel 2:

Carga muerta:

$$CM_{x-x} = \frac{(Losa + Acabados)(\text{Área Tributaria})}{\text{Longitud de viga}} + \text{Viga}$$

$$CM_{F-I} = \frac{(264\text{Kg}/\text{m}^2 + 60\text{Kg}/\text{m}^2)(7.07\text{m}^2 + 7.07\text{m}^2)}{6.00\text{m}} + 240\text{Kg}/\text{m} = 1023.69 \text{ Kg}/\text{m}$$

$$CM_{C-F} = \frac{(324\text{Kg}/\text{m}^2)(1.71\text{m}^2)}{2.00\text{m}} + 240\text{Kg}/\text{m} = 503.83 \text{ Kg}/\text{m}$$

Carga viva:

$$CV_{x-x} = \frac{(\text{Carga Viva Techo})(\text{Área Tributaria})}{\text{Longitud de Viga}}$$

$$CV_{F-I} = \frac{(100\text{Kg}/\text{m}^2)(14.15\text{m}^2)}{6.00\text{m}} = 242 \text{ Kg}/\text{m}$$

$$CV_{C-F} = \frac{(100\text{Kg}/\text{m}^2)(1.71\text{m}^2)}{2.00\text{m}} = 81.43 \text{ Kg}/\text{m}$$

### Marco típico nivel 1:

Carga muerta:

$$CM_{X-X} = \frac{(Losa + Acabados + Muros)(ÁreaTributaria)}{Longituddeviga} + Viga$$

$$CM_{E-H} = \frac{(264Kg/m^2 + 60Kg/m^2 + 150Kg/m^2)(14.15m^2)}{6.00m} + 240 = 1386.51 \text{ Kg/m}$$

$$CM_{B-E} = \frac{(474Kg/m^2)(1.71m^2)}{2.00m} + 240Kg/m = 625.97 \text{ Kg/m}$$

Carga viva:

$$CV_{X-X} = \frac{(CargaVivaEntrepiso)(ÁreaTributaria)}{LongituddeViga}$$

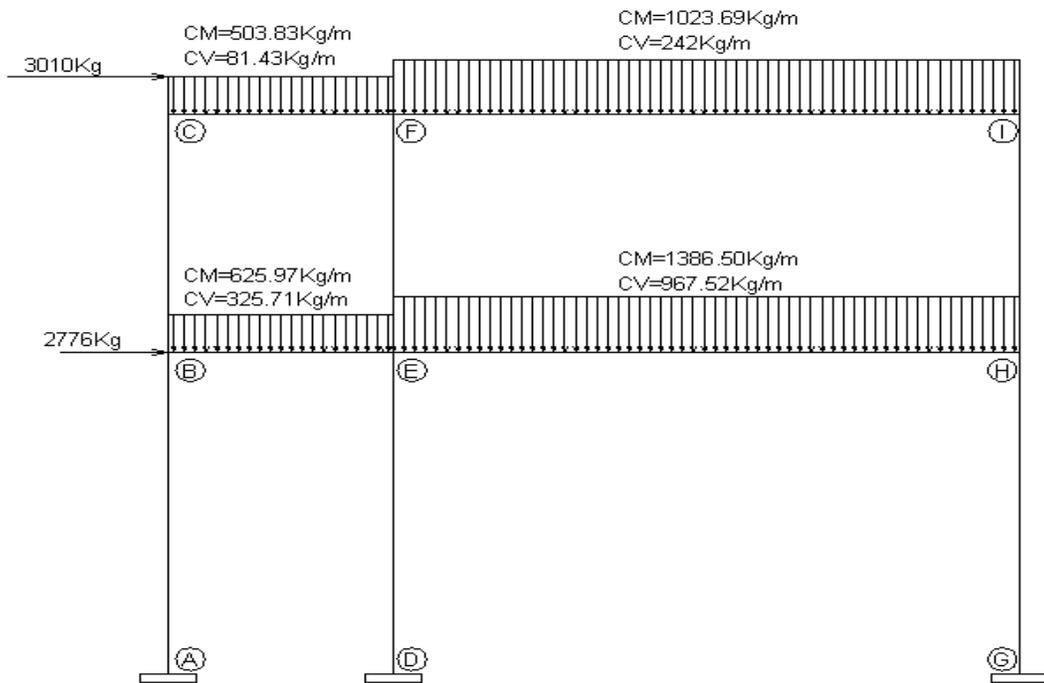
$$CV_{E-H} = \frac{(400Kg/m^2)(14.15m^2)}{6.00m} = 967.52 \text{ Kg/m}$$

$$CV_{B-E} = \frac{(400Kg/m^2)(1.71m^2)}{2.00m} = 325.71 \text{ Kg/m}$$

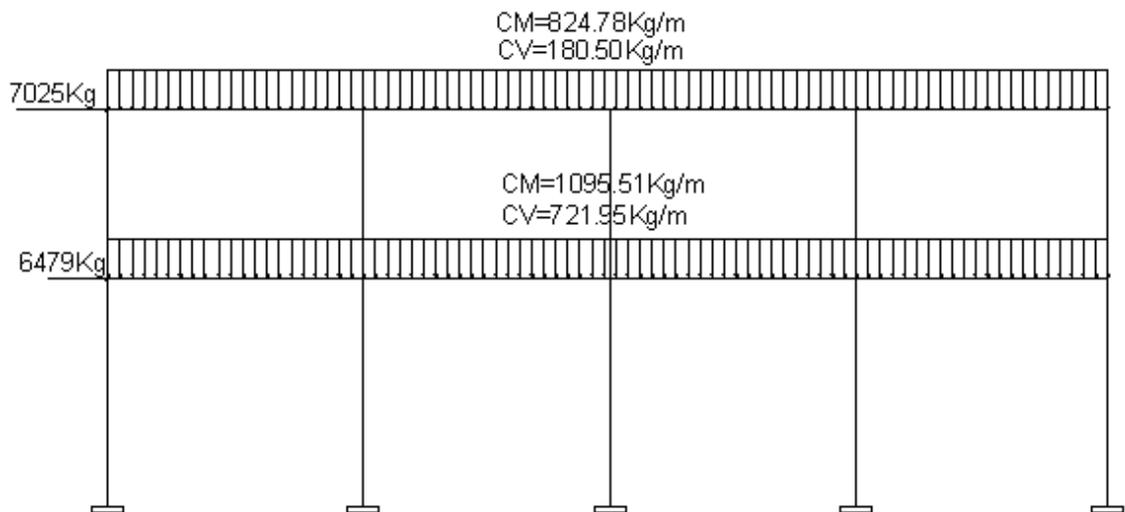
Tabla XI. Integración de cargas en el eje B

	Carga Muerta	Carga Viva
Nivel 2	824.78Kg/m	180.50 Kg/m
Nivel 1	1095.51Kg/m	721.95 Kg/m

**Figura 14. Cargas actuantes en el marco típico**



**Figura 15. Cargas actuantes en el eje B**



### 2.2.6.5 Análisis de marcos por un método de análisis estructural

Luego de la integración total de cargas, se procede al análisis estructural para la determinación de las fuerzas y deformaciones que se presenta en la estructura a través del método de Kani.

Resumen general del método de Kani

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante; además, no incluye los casos cuando existen columnas de diferente altura en un mismo piso, o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

- Cálculo de momentos fijos (MFik), estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (MS), éstos se calculan cuando hay cargas verticales.

$$MS = \sum MFik$$

- Determinación de fuerzas de sujeción (H), éstas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$H = FM \text{ NIVEL } n \text{ (fuerza por marco del nivel } n, \text{ tomada del análisis Sísmico)}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Qn), se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$Qn = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ), éstos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$M_n = (Q_n \cdot h_n) / 3 \quad h_n = \text{altura del piso "n"}$$

- Cálculo de rigideces de los elementos ( $K_{ik}$ )

$$K_{ik} = I / L_{ik} \quad \begin{array}{l} I \quad \text{inercia del elemento} \\ L \quad \text{longitud del elemento} \end{array}$$

- Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ )

$$\mu_{ik} = -1/2 ( K_{ik} / \sum K_{in} )$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $v_{ik}$ ), éstos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$v = -3/2 ( K_{ik} / \sum K_{in} )$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de giro ( $M'_{ik}$ )

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}) \quad \text{sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in})) \quad \text{con ladeo}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ), esto se calcula cuando existe ladeo.

$$M''_{ik} = v_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = v_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por fuerza horizontal}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M_{ik}$ )

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{sin ladeo}$$

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{con ladeo}$$

Cálculo de momentos positivos en vigas

$$M_+ = \frac{WL^2}{8} - \frac{(M1 + M2)}{2}$$

Ejemplo del método de Kani – carga muerta - marco típico

- **Cálculo de momentos fijos ( MF<sub>ik</sub> ) MF = ± WL<sup>2</sup> / 12**

$MBE = -\frac{625.97(2.1)^2}{12} = -230.04$	MBE	-230.04	Kg.-m	MCF	-185.16	Kg.-m
	MEB	230.04	Kg.-m	MFC	185.16	Kg.-m
	MEH	-3954.15	Kg.-m	MFI	-2919.44	Kg.-m
	MHE	3954.15	Kg.-m	MIF	2919.44	Kg.-m

Cálculo de momentos de sujeción MS = ∑ (MF<sub>ik</sub>)

Nudo B = MF<sub>BE</sub> = -230Kg.-m Nudo E = MF<sub>EB</sub> + MF<sub>EH</sub> = 230.04-3954.15)= -3724 Kg.-m

MSB =	-230.04	Kg.-m	MSF =	-2734.28	Kg.-m
MSC =	-185.16	Kg.-m	MSH =	3954.15	Kg.-m
MSE =	-3724.11	Kg.-m	MSI =	2919.44	Kg.-m

- **Cálculo de rigidez de los elementos K<sub>ik</sub> = I / L<sub>ik</sub>**

Inercia de los elementos rectangulares I = bh<sup>3</sup> / 12

$$I_{VIGA} = (25 \cdot 40^3) / 12 = 133333 \text{ cm}^4$$

$$I_{COLUMNA} = (30 \cdot 30^3) / 12 = 67,500 \text{ cm}^4$$

Inercias relativas: I<sub>COLUMNA</sub> =  $\bar{I}$

$$I_{VIGA} = I_{VIGA} / I_{COLUMNA} = 133333 / 67500 = 1.98 \bar{I}$$

COLUMNAS

NIV 1  $K_{AB}=K_{BA}=K_{DE}=K_{ED}=K_{GH}=K_{HG}$  0.26

NIV 2  $K_{BC}=K_{CB}=K_{EF}=K_{FE}=K_{HI}=K_{IH}$  0.36

VIGAS

NIV 1  $K_{BE}=K_{EB}=K_{CF}=K_{FC}$  0.94

NIV 2  $K_{EH}=K_{HE}=K_{FI}=K_{IF}$  0.34

• **Factores de giro o coeficientes de reparto  $\mu_{ik} = -1/2 ( K_{ik} / \sum K_{in} )$**

Nudo a:  $\mu_{AB} = -1/2 ( K_{AB} / (K_{A-SUELO} + K_{AB}) ) = -1/2(0.26/(\infty + 0.26)) = 0$

Nudo b:  $\mu_{BA} = -1/2 ( K_{BA} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) ) =$   
 $= -1/2(0.26/(0.26+0.36+0.94)) = -0.084$

$\mu_{BC} = -1/2 ( K_{BC} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) ) =$   
 $= -1/2(0.36/(0.26+0.36+0.94)) = -0.114$

$\mu_{BE} = -1/2 ( K_{BC} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) ) =$   
 $= -1/2(0.94/(0.26+0.36+0.94)) = -0.301$

Cálculo de factores de corrimiento  $v_{ik} = -3/2 ( K_{ik} / \sum K_{in} )$

Nivel 1:  $V_{AB} = -3/2 ( K_{AB} / (K_{AB} + K_{DE} + K_{GH}) ) =$   
 $= -3/2 ( 0.36/(0.36+0.36+0.36) ) = -0.5$

$V_{AB} = V_{DE} = V_{GH} = -0.50$

Nivel 2:  $V_{BC} = -3/2 ( K_{BC} / (K_{BC} + K_{EF} + K_{HI}) ) =$   
 $= -3/2 ( 0.26/(0.26+0.26+0.26) ) = -0.5$

$V_{BC} = V_{EF} = V_{HI} = -0.50$

## PRIMERA ITERACIÓN

- **Influencias de giro (  $M'_{ik}$  )**  $\rightarrow M'_{ik} = \mu_{ik} ( M_s + \sum ( M'_{ni} + M''_{in} ) )$

$$\begin{aligned} \text{Nudo B: } M'_{BA} &= \mu_{BA} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0.084(-230 + (0+0+0+0)) = +19.39 \text{ Kg.-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BC} &= \mu_{BC} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0.114(-230 + (0+0+0+0)) = +26.32 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BE} &= \mu_{BE} (MS_B + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0.301(-230 + (0+0+0+0)) = +69.31 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo C: } M'_{CB} &= \mu_{CB} (MS_C + (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\ &= -0.138(-185.16 + (26.32+0+0)) = +21.86 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{CF} &= \mu_{CF} (MS_C + (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\ &= -0.362(-185.16 + (26.32+0+0)) = +57.56 \text{ Kg-m...} \end{aligned}$$

- **Influencias de desplazamiento (  $M''_{ik}$  )**  $\rightarrow M''_{ik} = V_{ik} ( \sum (M'_{ik} + M'_{ki} ) )$

$$\begin{aligned} \text{Nivel 2: } M''_{BC} &= V_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HI} + M'_{IH}) \\ &= -0.50(26.32+21.86+292.27+316.26-792.82-617.58) = +376.85 \text{ Kg-m} \\ M''_{BC} &= M''_{FE} = M''_{HI} = 376.85 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nivel 1: } M''_{AB} &= V_{AB} (M'_{AB} + M'_{BA} + M'_{FE} + M'_{EF} + M'_{GH} + M'_{HG}) \\ &= -0.50 (0+19.39+233.04-584.19+0) = 165.88 \text{ Kg-m} \\ M''_{AB} &= M''_{ED} = M''_{HG} = 165.88 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

Nota: En este ejemplo se necesitaron 10 iteraciones, por razones de espacio no se describen todas las iteraciones y solo se tomaron 2 nudos como ejemplo.

- **Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (  $M_{ik}$  )**

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

Columnas:  $M_{AB} = MF_{AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA} + M''_{AB}$

$$= 0 + (2 \cdot 0) - 87.19 + 174.95 = 87.76 \text{ Kg-m}$$

$$M_{BA} = MF_{BA} + 2M'_{BA} + M'_{AB} + M''_{BA}$$

$$= 0 + (2 \cdot -87.19) + 0 + 174.95 = .57 \text{ Kg-m...}$$

Vigas:  $M_{BE} = MF_{BE} + 2M'_{BE} + M'_{EB} + M''_{BE}$

$$= -230.04 + (2 \cdot -646.21) + 1412.13 + 0 = 110.33 \text{ Kg-m}$$

$$M_{EB} = MF_{EB} + 2M'_{EB} + M'_{BE} + M''_{EB}$$

$$= 230.04 + (2 \cdot 1412.13) - 646.21 + 0 = 2408 \text{ Kg-m...}$$

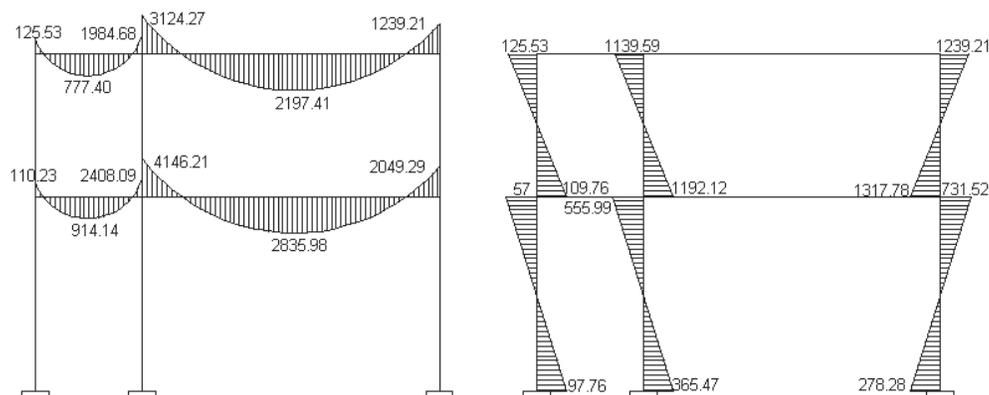
Resultados del análisis estructural por el método de Kani

Marco típico eje y.

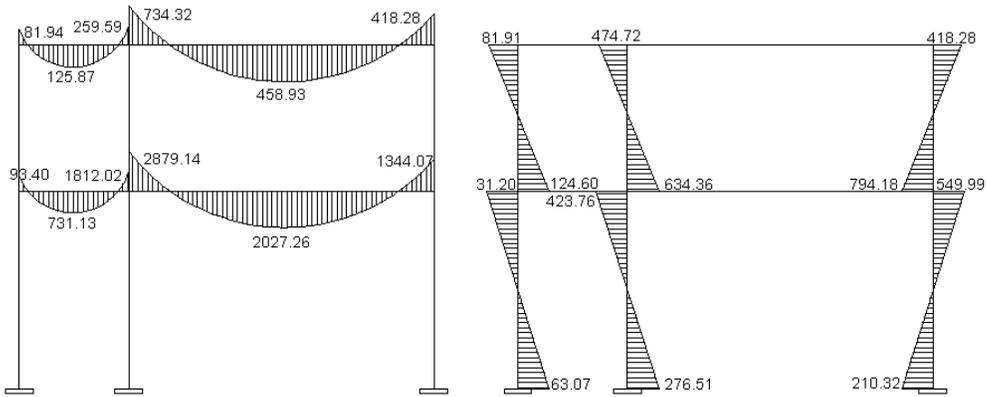
Cálculo de momento positivo en vigas se realiza con la fórmula siguiente:

$$M_+ = \frac{WL^2}{8} - \frac{(M_1 + M_2)}{2} = \left[ \frac{(1023.69)(5.85^2)}{8} - \frac{(3124.27 + 1239.21)}{2} \right] = 2197.41 \text{ Kg-m}$$

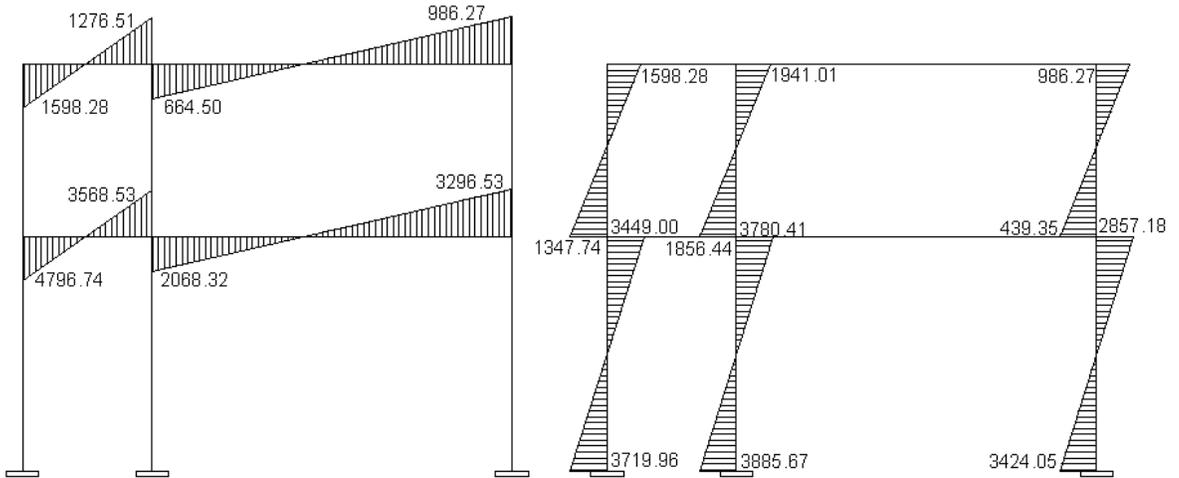
**Figura 16. Momentos producidos por carga muerta**



**Figura 17. Momentos producidos por carga viva.**



**Figura 18. Momentos producidos por carga sísmica.**



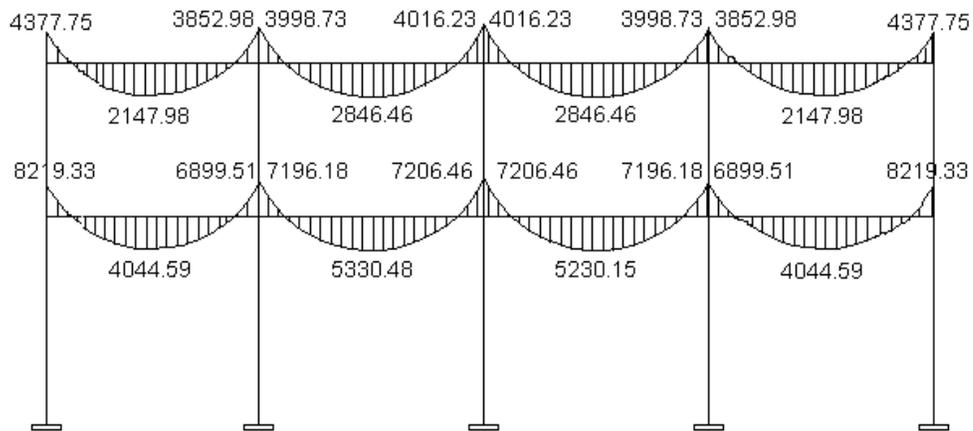
### 2.2.6.6 Envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y fuerza sísmica, tanto en vigas como en columnas.

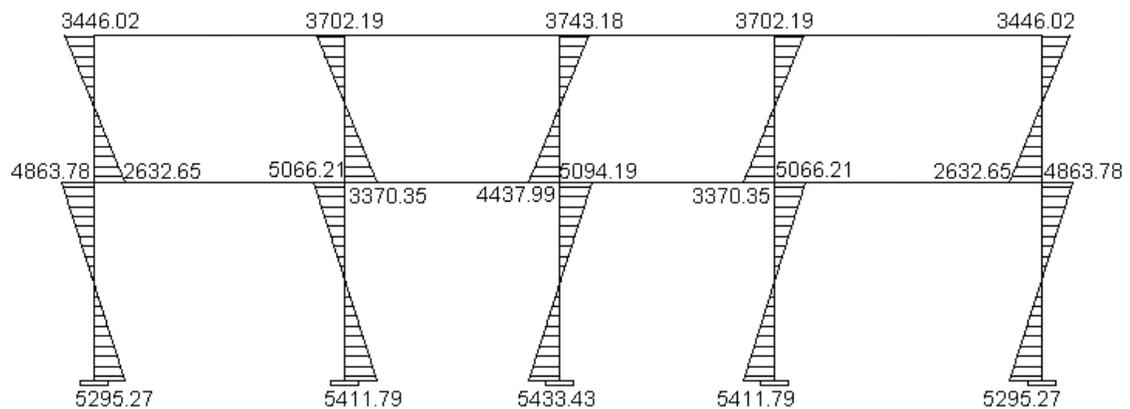
Para considerar la superposición de efectos, el código ACI propone las siguientes combinaciones:

- 1)  $1.4CM+1.7CV$
- 2)  $0.75(1.4CM+1.7CV\pm 1.87S)$
- 3)  $0.9CM\pm 1.43S$

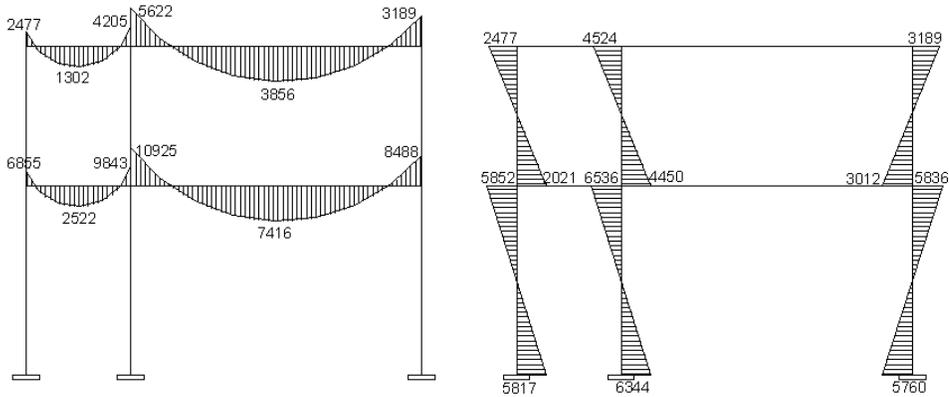
**Figura 19. Diagrama de momentos últimos (Kg.- m) Eje – X. en vigas**



**Figura 20. Diagrama de momentos últimos (Kg.- m) Eje – X. en columnas.**



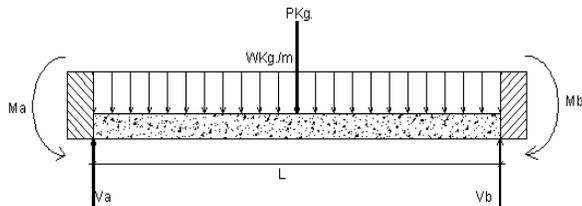
**Figura 21. Diagrama de momentos últimos (Kg.- m) Eje – Y. en vigas y columnas.**



### 2.2.6.7 Diagrama de corte en marcos dúctiles

Para calcular los esfuerzos cortantes se utiliza las fórmulas indicadas en este inciso, cada una deberá calcularse por los resultados de carga muerta y carga viva:

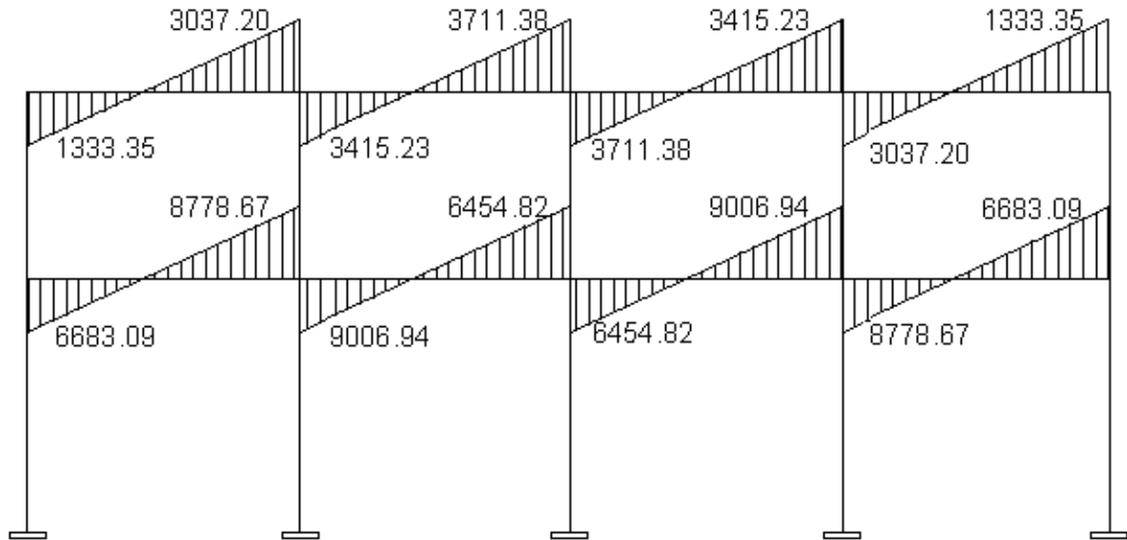
**Figura 22. Cargas actuante en viga**



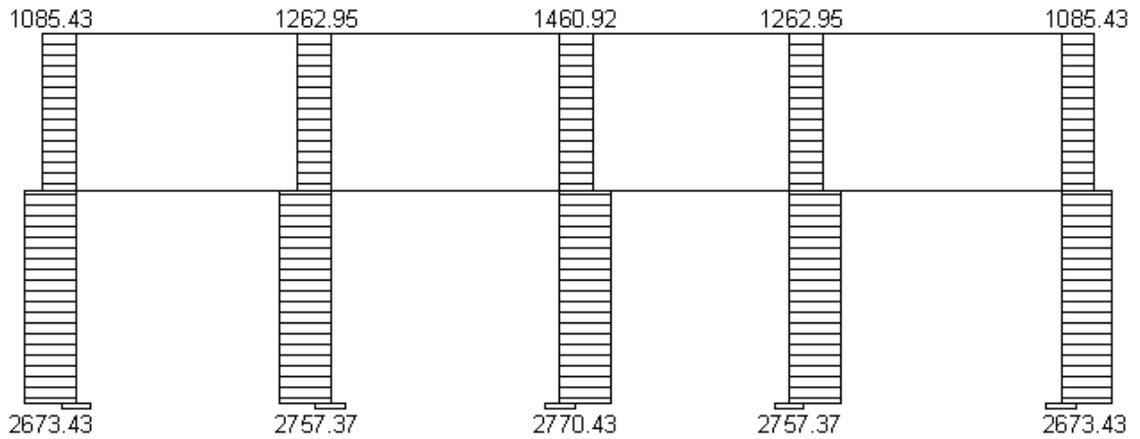
$$V_{ultimo} = 1.4V_{CM} + 1.7\frac{V_{CV}}{L}$$

$$V_b = \left(\frac{WL}{2}\right) + \left(\frac{Mb - Ma}{L}\right)$$

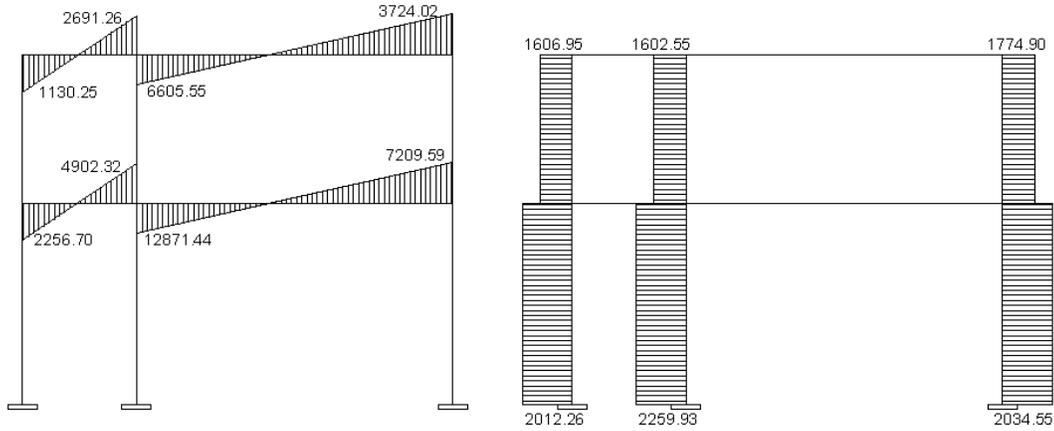
**Figura 23. Diagrama de cortes últimos (Kg.) Eje – X. en vigas**



**Figura 24. Diagrama de cortes últimos (Kg.) Eje – X. en columnas.**



**Figura 25. Diagrama de cortes últimos (Kg.) Eje – Y. en vigas y columnas.**



## 2.2.7 Dimensionamiento estructural

### 2.2.7.1 Diseño de losa

Para diseñarlas existen varios métodos, en éste caso se utiliza el método 3 ACI descrito en la sección siguiente.

#### Losas nivel 1

Espesor de losa, el cálculo del espesor de losa se realizó en el inciso 2.2.6.3 y se determinó un  $T = 0.11$  m.

**Figura 26. Planta típica distribución de losas**

#### Cálculo de carga muerta

	Espesor de Losa	0.11 m
PPLOSA	=	264 k/m <sup>2</sup>
Carga Adic L.=		20 k/m <sup>2</sup>
Mezclón	=	66 k/m <sup>2</sup>
Carga Adic M.=		20 k/m <sup>2</sup>
PesodeMuros	=	150 k/m <sup>2</sup>



Total : 520 k/m<sup>2</sup>

C.viva pasillo = 500 k/m<sup>2</sup>

C. viva aula = 350 k/m<sup>2</sup>

### Carga última o carga de diseño:

Losas 1 y 2:

$$CM_u = 1.4 \cdot CM = 1.4(520) = 728 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 1.4((520) + 1.7(350)) = 1323 \text{ Kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño se toma una franja unitaria de 1.00 m de ancho, entonces:

$$CU_u = 1323 \text{ Kg/m}^2 \cdot 1.00 \text{ m} = 1323 \text{ Kg/m}$$

Losa 3 y 4:

$$CV_u = 1.7 \cdot CM = 1.7(350) = 595 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 1.4((520) + 1.7(500)) = 1578 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_u = 1578 \text{ Kg/m}^2 \cdot 1.00 \text{ m} = 1578 \text{ Kg/m}$$

Momentos actuantes:

Fórmulas:  $M_{(-)} = C \cdot CU_u \cdot A^2$

$$M_{(+)} = C \cdot CU_u \cdot A^2 + C \cdot CV_u \cdot A^2$$

Donde: **C** Coeficiente de tablas ACI

**A** Dimensión del lado considerado de la losa

Solución: **Losa 1**

$$M_{(-)Y} = 0.066(1323)5^2 = 2182.95 \text{ Kg-m}$$

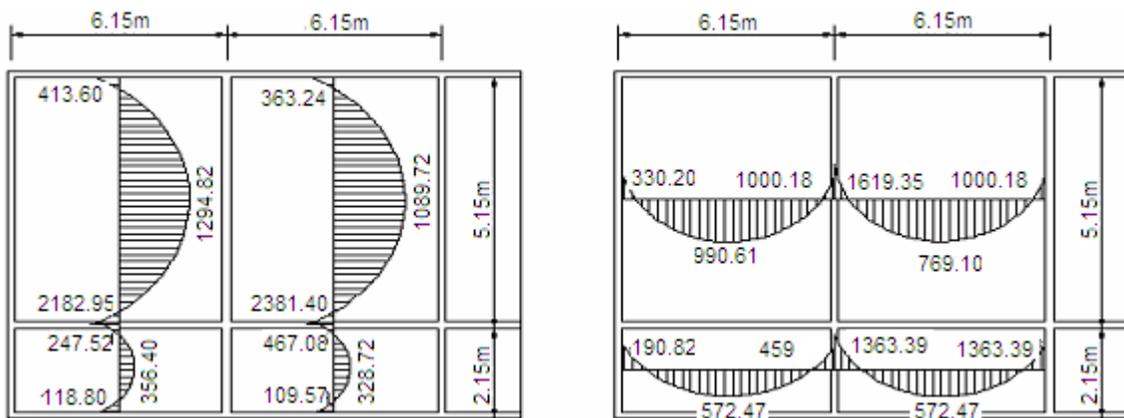
$$M_{(+)Y} = 0.036(728)5^2 + 0.043(595)5^2 = 1294.82 \text{ Kg-m}$$

$$M_{(-)X} = 0.034(1323)^2 = 1619.35 \text{ Kg-m}$$

$$M_{(+)X} = 0.019(728)^2 + 0.023(595)^2 = 990.61 \text{ Kg-m}$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas, dando como resultado los datos de la figura 27.

Figura 27. **Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1**



Balance de momentos: cuando dos losas que están unidas en un lado, y tienen momentos diferentes en ese lado, se deben balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo.

Para este caso el método elegido es el siguiente:

Si  $0.8 \cdot M_{\text{MAYOR}} \leq M_{\text{MENOR}} \rightarrow M_B = (M_{\text{MAYOR}} + M_{\text{MENOR}})/2$

Si  $0.8 \cdot M_{\text{MAYOR}} > M_{\text{MENOR}} \rightarrow$  se balancean proporcionalmente a su rigidez

FD1	FD2
M1	M2
-dM*D1	+dM*D2
M <sub>B</sub>	M <sub>B</sub>

$$FD1 = K1 / (K1 + K2), K1 = 1/L1$$

L = longitud de losa considerada

$$dM = M1 - M2$$

1 y 2 índices de M<sub>MAYOR</sub> y M<sub>MENOR</sub>

BALANCE DE MOMENTOS ENTRE LOSAS 1 Y 2:

$$0.8 (1619.35) = 1295.48 > 1000.18 \quad K1=1/6= 0.16 \quad K2=1/6= 0.16$$

0.50	0.50
1000.18	1619.35
(+)309.58	(-)309.58
1309.76	1309.76

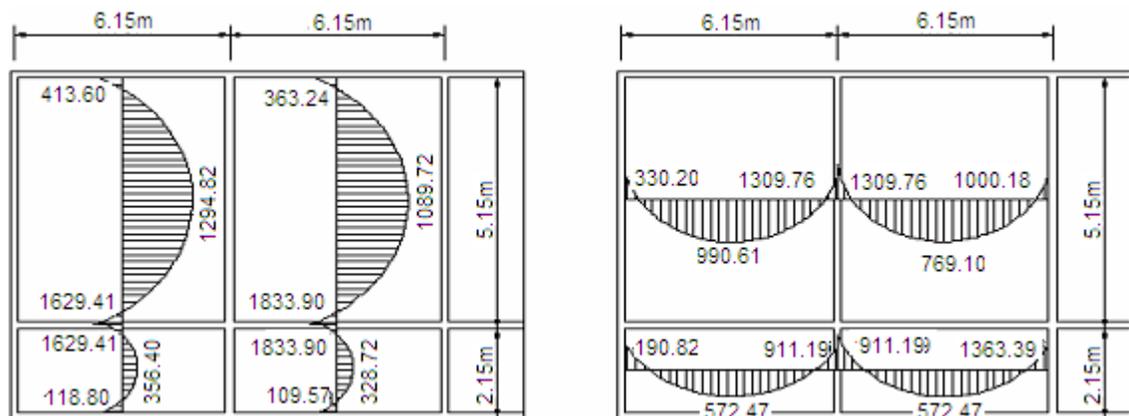
$$FD1 = 0.16/(0.16+0.16) = 0.5$$

$$FD2 = 0.16/(0.16+0.16) = 0.5$$

$$dM = 1619.35 - 1000.18 = 619.17$$

Los resultados, al hacer el balance de momentos en todos los puntos necesarios, pueden observarse en la figura 28. Con estos datos se puede calcular el acero de refuerzo necesario en las losas.

Figura 28. **Planta de momentos Balanceados en losas típicas – nivel 1**



Con los momentos balanceados de la figura anterior, se procede al cálculo del acero de refuerzo que se necesita en las losas.

El peralte (d) se calcula de la siguiente manera:  $d = T_{losa} - Rec. - \varnothing/2$

$$d = 11 - 2.5 - 0.95/2 = 8.50 \text{ cms}$$

El área de acero mínimo ( $A_{S_{MIN}}$ ), se calcula usando un ancho unitario de 1.00m.

$$A_{S_{min}} = \left( \frac{14.1}{F_y} \right) * b * d = \left( \frac{14.1}{2810} \right) * 100 * 8.50 = 4.26 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo, se calcula un espaciamiento (S), usando una varilla No.3 que tiene un área de  $0.71\text{cm}^2$ . El espaciamiento se calcula por medio de una regla de 3:

$$\left. \begin{array}{l} 4.26\text{cm}^2 \longrightarrow 100\text{cm} \\ 0.71\text{cm}^2 \longrightarrow S \end{array} \right\} \mathbf{S = 16 \text{ cm}}$$

El espaciamiento máximo ( $S_{max}$ ) en una losa está dado por:

$$S_{max} = 2 \times \text{Espesor de losa} = 3 \times 11 = 33 \text{ cm}$$

- Cálculo de momento soportado usando  $A_{S_{MIN}}$

$$\begin{aligned} M_{sop} &= 0.90 \left[ A_{S_{min}} F_y \left[ d - \frac{A_{S_{min}} F_y}{1.7 F'_c * B} \right] \right] = 0.90 \left[ (4.26)(2810) \left[ 8.50 - \frac{(4.26)(2810)}{1.7(210)(100)} \right] \right] = \\ &= 87962.60 \text{ Kg-cm} * (1.00 \text{ m} / 100 \text{ cm}) = 879.62 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

El momento que resiste el área de acero mínimo (401.32 Kg-m), no cubre todos los momentos de la figura 28. Por lo que los momentos mayores al calculado se presentan en las tablas XII y XIII, con el área de acero requerido y el espaciamiento necesario.

### Cálculo de áreas de acero

Para los momentos menores que el  $M_{SOP}$  se usa  $A_{S_{MIN}}$ ; y para los momentos mayores que el  $M_{SOP}$  se calcula el área de acero con la fórmula:

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * F'c}} \right] * \left[ \frac{0.85 F'c}{F_y} \right]$$

### Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales de las mismas, En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistirse únicamente por el concreto; por tal razón, se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado.

El procedimiento es el siguiente:

- Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{MÁX} = CU_U * L / 2 = (1323 * 6.00) / 2 = 3,969.00 \text{Kg}$$

L = lado corto; de los lados cortos de las losas se toma el mayor

- Cálculo del corte máximo resistente

$$V_R = 45 (f'c)^{1/2} t = 45(210)^{1/2}(11) = 7,173.23 \text{Kg}$$

- Comparar  $V_R$  con  $V_{MÁX}$

Si  $V_R \geq V_{MÁX}$  el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t

Como  $V_R > V_{MÁX}$  el espesor es el adecuado

**Tabla XII. Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1. Eje X-X**

<b>Momento (M)</b>	<b>Área de acero</b>	<b>No. Varilla</b>	<b>Espaciamiento</b>
330.20Kg-m	4.26cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.16m
990.61Kg-m	4.82cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.15 m
1309.76Kg-m	6.48cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.11m

**Tabla XIII. Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1. Eje Y-Y**

<b>Momento (M)</b>	<b>Área de acero</b>	<b>No. Varilla</b>	<b>Espaciamiento</b>
1629.41Kg-m	8.20cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.09m
1294.82Kg-m	6.40cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.11 m
413.60Kg-m	4.26cm <sup>2</sup>	3 ó 3/8"	0.16m

Nota: en losas 1, 2, 3 y 4, en el eje Y son varillas No.4. En el eje X, también tendrán acero No.4, exceptuando las losas 3 y 4 que llevará varilla No.3.

### **2.2.7.1 Losas nivel 2**

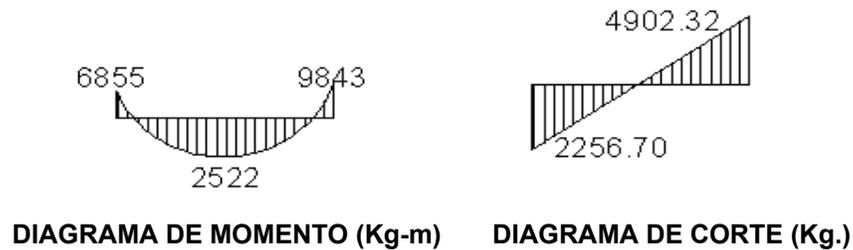
Para el diseño de losas del nivel 2, se siguió el procedimiento aplicado para las losas del nivel 1. Los resultados para ambos niveles se presentan en los planos en el apéndice 1.

### 2.2.7.2 Diseño de vigas

El procedimiento para diseñar vigas, es el siguiente

**Datos:** ésta viga se ubica en el marco rígido típico sentido X, nivel 1. Los datos, tomados del análisis estructural, se muestran en la figura 21.

Figura 29. Diagramas de momentos y cortes últimos en la viga A



SECCIÓN = 0.30m x 0.40m; PERALTE EFECTIVO  $d = 0.36m$

Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar éste, esto se hace usando los criterios siguientes:

Fórmulas:

$$AS_{\min} = \frac{14.1}{F_y} [b * d], \quad AS_{\max} = \rho_{Bal} * b * d, \quad \rho_{Bal} = \phi \rho_{\max} = \phi \frac{0.003 * E_s * 0.85^2 F'_c}{(F_y + 0.003 * E_s) * F_y}$$

$$\phi = 0.5 \text{ en zona sísmica; } \phi = 0.75 \text{ en zona no sísmica}$$

Solución:  $AS_{\min} = \frac{14.1}{2810} [30 * 36] = 5.42 \text{ cm}^2$

$$AS_{\max} = \frac{0.50(0.003 * 2.1 \times 10^6)(0.85^2 * 210)(30 * 36)}{(2810 + 0.003 * 2.1 \times 10^6) * 2810} = 20.16 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: usando los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero con la fórmula:

$$A_s = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * F'c}} \right] * \left[ \frac{0.85 F'c}{F_y} \right]$$

Se calcula para cada momento negativo.

$$A_s = \left[ 30 * 36 - \sqrt{(30 * 36)^2 - \frac{9843 * 30}{0.003825 * 210}} \right] * \left[ \frac{0.85 * 210}{2810} \right] = 11.83 \text{ cm}^2$$

El área obtenida se encuentra dentro de los límites indicados, por lo tanto se diseña como una viga simplemente reforzada.

$$A_{s_{\min}} = 5.42 \text{ cm}^2 \leq A_s = 11.83 \text{ cm}^2 \leq A_{s_{\max}} = 20.16 \text{ cm}^2$$

Usando la fórmula anterior, se calcula el área de acero para cubrir el momento positivo, que es igual  $A_s (+) = 2.84 \text{ cm}^2$ .

Después de calcular el área de acero para los momentos positivo y negativo debe de considerarse los siguientes requisitos sísmicos:

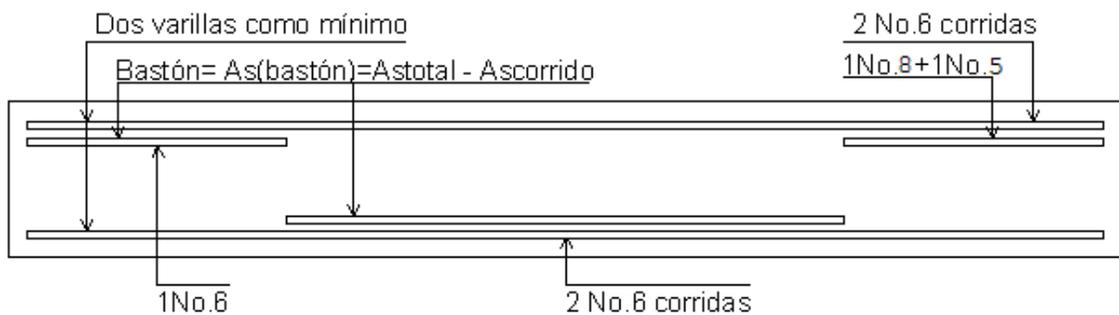
Cama superior al centro: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{s_{\min}}$  o 33% del  $A_s$  calculada para el  $M (-)$ .  $A_{s_{\min}} = 5.42 \text{ cm}^2$ ,  $33\% (A_{s(-)})$  mayor =  $3.99 \text{ cm}^2$ , se necesita 2 varillas No.6 corridas, necesitando bastones para satisfacer los momentos no cubierto por área de acero longitudinal.

$$A_s \text{ (bastón Izq.)} = 8.10 - 5.70 = 2.40 \text{ cm}^2 \longrightarrow 1\text{No.6} = 2.85 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ (bastón Der.)} = 12.10 - 5.70 = 6.40 \text{ cm}^2 \longrightarrow 1\text{No.8} + 1\text{No.5} = 7.05 \text{ cm}^2$$

Cama Inferior en apoyos: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{MIN}$ ; 50% del AS calculada para el  $M_{(+)}$ ; 50% del AS calculada para el  $M_{(-)}$  mayor.  $A_{s_{min}} = 5.42 \text{ cm}^2$ ,  $50\%(A_{s_{(+)}}) = 1.42 \text{ cm}^2$ ,  $50\%(A_{s_{(-)}}) = 6.05 \text{ cm}^2$ , se necesita 2 varillas No.6 =  $7.76 \text{ cm}^2$ , corridas.

Figura 30. Elevación longitudinal: distribución de aceros, cama superior e inferior.



Acero transversal (estribos): los objetivos de colocar acero transversal es: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo del corte resistente:

$$V_R = 0.85 * 0.53 \sqrt{F'_c} * b * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 30 * 36 = 5875.53 \text{ kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último:

Si  $V_R \geq V_u$  la viga necesita estribos sólo por armado

Si  $V_R < V_u$  se diseñan estribos por corte, usando las expresiones siguientes:

$$S = \frac{2A_v * F_y}{V_u}$$

$S_{M\acute{A}X} = d / 2$ , usar como mínimo acero No.3

En este caso  $V_U = 4902.32 \text{ Kg}$  y  $V_R = 5875.53 \text{ Kg}$ ; Como  $V_R > V_U$  usar estribos No. 3 a  $S_{M\acute{A}X} = d / 2 = 36/2 = 18 \text{ cm}$ .

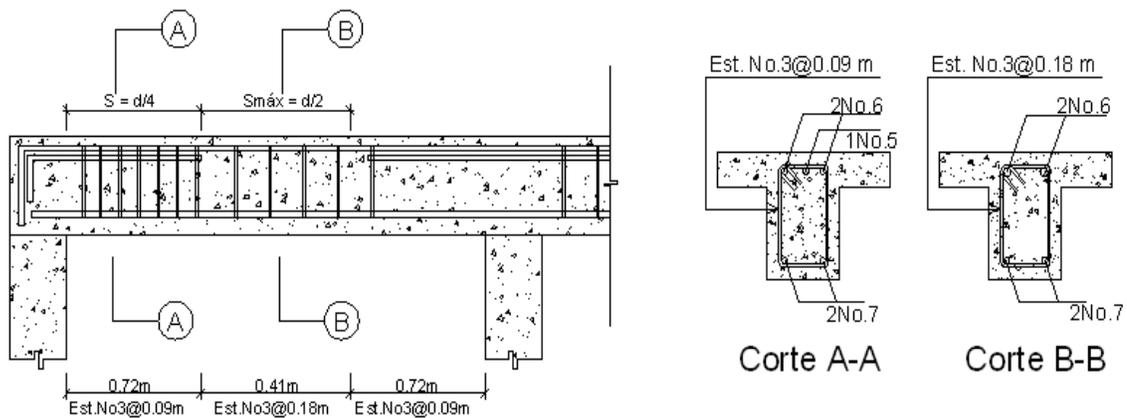
Puede observarse que  $V_R > V_U$ , por ende, se usan estribos No.3 solo por requisito de armado.

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con el objetivo de darle mayor ductilidad en los nudos. Esto se hace de la forma siguiente:

Para este caso,  $L_o = \text{longitud de confinamiento} = L_o = 2d = 2(36) = 72 \text{ cms}$

Colocando estribos No.3 a cada  $d/4 = 9 \text{ cms}$ . El primer estribo debe estar colocado a 5cm, como máximo de la cara de la columna.

Figura 31. Armado Final, Viga A



### 2.2.7.2 Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que estn sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se

determina por áreas tributarias. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural, y se toma, para diseñar la columna, el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de la columna. Para este caso, se diseña por cada nivel únicamente las columnas críticas, o sea las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo.

En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio de aulas, aplicándolo en la columna del nivel 2.

#### Columna típica nivel 2

El procedimiento a seguir para el diseño de las columnas es el siguiente:

Datos: éstos son obtenidos del análisis estructural:

Sección = 0.30\*0.30 m      Lu = 2.80 m

Mx = 2945.18 Kg-m      My = 4524.10 Kg-m

Determinación de carga axial:

- Cálculo de carga axial:  $CU = 1.4CM + 1.7CV$   
 $CU = 1.4 ((0.11*2,400) + 90) + 1.7(100) = 1.4(324) + 1.7(100) = 623.60 \text{ Kg/m}^2$
- Cálculo del factor de carga última:  
 $F_{CU} = CU / (CV + CM) = 623.60 / (324 + 100) = 1.47$
- Cálculo de la carga axial:  $P_U = (A_{LOSAS}CU) + (P_c * F_{CU})$   
 $P_U = (16.30 * 623.60) + (0.25 * 0.40)(3.825 + 3.95)1.47 = 12.85 \text{ Ton}$

Clasificar la columna por su esbeltez (E): Una columna es esbelta cuando los lados de su sección transversal son pequeños en relación con su longitud. Por el valor de su esbeltez (E), las columnas se clasifican en cortas ( $E < 21$ ), intermedias ( $21 \leq E \leq 100$ ) y largas ( $E > 100$ ). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos

originales del análisis estructural; si son intermedias se deben magnificar los momentos actuantes, y si son largas no se construyen.

La esbeltez de la columna en el sentido X se calcula con el procedimiento siguiente

**Tabla XIV. Inercia relativa.**

Eje X				Eje Y			
	Inercia	Long.	K=I/L		Inercia	Long.	K=I/L
Columna	67500.0	280	241.07	Columna	67500.0	280	241.07
Viga 1 =	133333.3	410	325.20	Viga 1 =	133333.3	410	325.20
Viga 2 =	133333.3	585	227.92	Viga 2 =	133333.3	585	227.92

- Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación:

EXTREMO SUPERIOR:  $\Psi_A = (\sum K_{col}) / (\sum K_{viga})$

$E_M$  (como todo el marco es del mismo material) = 1

$\bar{I}$  = Inercia

$$\Psi_A = 241.07 / (325.20 + 325.20) = 0.37$$

EXTREMO INFERIOR  $\Psi_B = (241.07 + 241.07) / (325.20 + 325.20) = 0.74$

PROMEDIO  $\Psi_P = (\Psi_A + \Psi_B) / 2 = (0.37 + 0.74) / 2 = 0.56$

- Cálculo de coeficiente K:  $K = ((20 - \Psi_P) / 20)(1 + \Psi_P)^{1/2}$  para  $\Psi_P < 2$   
 $K = 0.9 (1 + \Psi_P)^{1/2}$  para  $\Psi_P \geq 2$   
 $K = ((20 - 0.56) / 20)(1 + 0.56)^{1/2} = 1.21$

- Cálculo de la esbeltez de la columna:

$E = KLu / \sigma$ , donde  $\sigma = 0.30 \cdot \text{Lado menor}$  para columnas rectangulares

$$E = (1.21 \cdot 2.80) / (0.30 \cdot 0.30) = 32.34$$

El cálculo de la esbeltez de la columna, en el sentido Y, se resume a continuación:

$$\Psi_A = 241.07 / (227.92 + 227.92) = 0.53$$

$$\Psi_B = (241.07) / (227.92) = 1.06; \quad \Psi_P = (0.53 + 1.06) / 2 = 0.79$$

$$K = ((20 - 0.79) / 20) (1 + 0.79)^{1/2} = 1.29 \quad E = (1.29 \cdot 2.80) / (0.30 \cdot 0.30) = 34.29$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos:

El magnificador de momentos ( $\delta$ ), es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas, para evitar el pandeo.

$$\delta = \frac{1}{\left[1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}\right]} \geq 1, \quad \begin{cases} \phi = 0.70 \text{ si se usan estribos} \\ \phi = 0.75 \text{ si se usan Zunchos} \end{cases}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{KLu}, \quad P_{cr} = \text{Carga crítica}$$

$$EI = [(E_c \cdot I_g) / 2.5] / (1 + \beta d), \quad \beta d = (\text{momento máximo de la carga muerta}) / (\text{momento máximo último})$$

E = modulo de Young

$E_c = \text{módulo de elasticidad del concreto} = 15100(F'c)^{1/2}$

I = momento de inercia de la sección

$\beta d = \text{Factor de flujo plástico}$

SENTIDO X

$$\beta d = 1.4 \cdot 324 / (1.4 \cdot 324 + 1.7 \cdot 100) = 0.73$$

$$E\bar{I} = ((15,100 \cdot 210^{1/2})(30^4/12)/2.5)/(1+0.73) = 342.03 \text{ T-m}^2$$

$$P_{cr} = \pi^2(342.03) / (1.21 \cdot 2.80)^2 = 398.50 \text{ T} ; \delta = 1/(1-(12.85/0.70 \cdot 398.50))=1.05 > 1$$

$$M_{dx} = 1.05(2945.18) = 3.09 \text{ Ton - m}$$

SENTIDO Y

$$\beta d = 1.4 \cdot 324 / (1.4 \cdot 324 + 1.7 \cdot 100) = 0.73$$

$$E\bar{I} = ((15,100 \cdot 210^{1/2})(30^4/12)/2.5)/(1+0.73) = 342.03 \text{ T-m}^2$$

$$P_{cr} = \pi^2(342.03) / (1.29 \cdot 2.80)^2 = 354.36 \text{ T} ; \delta = 1/(1-(12.85/0.70 \cdot 398.50))=1.05 > 1$$

$$M_{dx} = 1.05(4524.10) = 4.77 \text{ Ton - m}$$

Acero longitudinal

Existen varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa, que es un método simple y aproximado desarrollado por Bresler.

Este método sencillo ha sido comprobado satisfactoriamente mediante comparación de resultados en gran cantidad de ensayos y cálculos precisos.

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'ox} + \frac{1}{P'oy} - \frac{1}{P'o}$$

$P'u$  = valor aproximado de carga de falla con excentricidad  $e_x$  &  $e_y$

$P'ox$  = Carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_x$  & ( $e_y=0$ )

$P'ox = K'x \cdot F'c$

$P'_{oy}$  = Carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_y$  & ( $e_x=0$ )

$$P'_{oy} = K'_y * F'_c$$

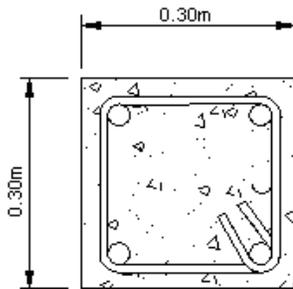
$P'_o$  = Carga de falla cuando el elemento tiene carga axial pura.

$$P'_o = 0.70[(0.85 * F'_c * A_{gcolumna}) + A_{acero} * F_y]$$

Donde  $K'_x$  y  $K'_y$  son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.

Si  $P'_u > P_u$ , entonces el armado propuesto es correcto, de lo contrario, se debe aumentar el área de acero.

Figura 32. Sección de columna



Datos:

$$P_u = 12.85 \text{ ton.}$$

$$M_{dx} = 3.09 \text{ Ton-m}$$

$$M_{dy} = 4.77 \text{ Ton-m}$$

$$F'_c = 0.21 \text{ Ton/cm}^2$$

$$F'_y = 2.81 \text{ Ton/cm}^2$$

$$\text{Recubrimiento} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Área de acero Propuesto} = 4\text{No.8} = 20.27 \text{ cm}^2$$

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites  $1\% A_g \leq A_s \leq 6\% A_g$

$$A_{s\text{MIN}} = 0.01 (30*30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{MÁX}} = 0.06 (30*30) = 54 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas.

Los valores a utilizar en los diagramas son:

- Valor de la gráfica:  $\gamma = h_{\text{NUCLEO}} / h_{\text{COLUMNA}} = (0.30 - (2*0.03)) / 0.30 = 0.80$

- Valor de la curva:

$$\rho_t \mu = ASF_y / 0.85f_c A_g = (20.27*2,810)/(0.85*(30*30)210) = 0.35$$

- Excentricidades:  $e_x = M_{dx} / P_u = 3.09/12.85 = 0.24$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 4.77/12.85 = 0.37$$

- Conociendo las excentricidades se calcula el valor de las diagonales

$$e_x / h_x = 0.24/0.30 = 0.80$$

$$e_y / h_y = 0.37/0.30 = 1.24$$

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes  $K_x$  y  $K_y$ , siendo éstos:  $K_x = 0.27$  y  $K_y = 0.17$ . Por último se calculan las cargas:

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad  $e_x$ :

$$P'_{ox} = K_x * \Phi * f_c * b * h = 0.27 * 0.21 * 30 * 30 = 51.03 \text{ Ton}$$

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad  $e_y$ :

$$P'_{oy} = K_y * \Phi * f_c * b * h = 0.17 * 0.21 * 30 * 30 = 32.13 \text{ Ton}$$

- Carga axial de resistencia de la columna:

$$P'_o = 0.70(0.85 * 210(30 * 30) + (20.27 * 2810)) = 137.73 \text{ Ton}$$

- Carga de resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{51.03} + \frac{1}{32.13} - \frac{1}{137.73} = 23.01 \text{ Ton} > P_u = 12.85 \text{ Ton}$$

Como  $P'_u > P_u$  el armado propuesto si resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

Acero transversal (estribos): el objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte, y en algunos casos solo por armado. Por requisitos sísmicos las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga

axial, de corte y ductilidad, debe ser en forma de anillo (estribos) o refuerzo en espiral continuo (zunchos).

El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

- Refuerzo por corte

Se calcula el corte resistente

$V_R = 0.85 \cdot 0.53 (f_c)^{1/2} b d = 0.85 \cdot 0.53 (210)^{1/2} (30 \cdot 27) = 5,287.98 \text{ Kg}$  como  $V_R > V_U$  ( $5287 > 1602$ ), entonces se colocan estribos con un espaciamiento  $S = d/2 = 27/2 = 13.5 \text{ cm}$  en caso contrario se diseñan los estribos a corte.

- Confinamiento: Para la longitud de confinamiento ( $L_o$ ), debe tomarse el mayor de estos criterios:

$L_o =$	$L_u/6 = 2.80/6 = 0.46 \text{ m}$
	Lado mayor de la columna = 0.30 m
	0.45 m

El espaciamiento de los estribos ( $S_1$ ) en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre  $3 \text{ cm} < S_1 < 10 \text{ cm}$ . Para estribos usar como mínimo varilla No.3.

- Luego se calcula la relación volumétrica:

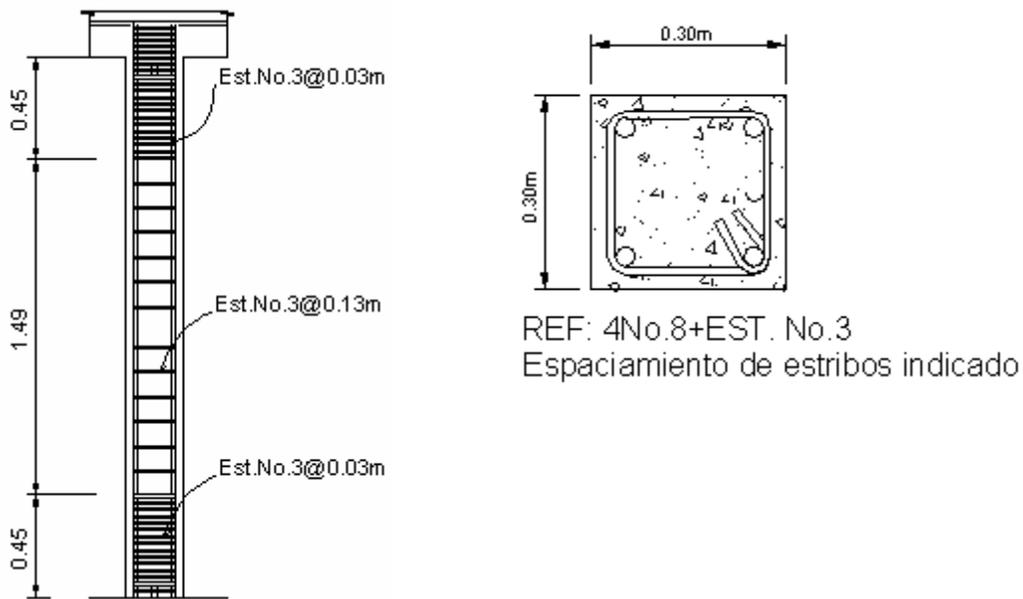
$$\rho_s = 0.45 ((A_g/A_{ch}) - 1)(0.85 f_c / F_y); \quad \rho_s \geq 0.12 (f_c / F_y)$$

$$\rho_s = 0.45 ((30^2/24^2) - 1)(0.85 \cdot 210/2,810) = 0.01608$$

Y por último, el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = 2A_v / \rho_s L_n = (2 \cdot 0.71) / (0.01608 \cdot 24) = 3.68 \text{ cm}$$

Figura 33. Armado final de columna



### 2.2.7.3 Diseño de nudos

Una unión viga-columna (nudo), se define como la porción de la viga dentro de la altura de las columnas que se unen en ella. Los nudos deben diseñarse para resistir las fuerzas que las vigas y las columnas les transfieren incluyendo cargas axiales, flexión, torsión y cortante.

El comportamiento exitoso de un nudo depende principalmente del confinamiento lateral del nudo. Este confinamiento tiene dos beneficios: (1) aumenta la resistencia del núcleo de concreto y mejora su capacidad de deformación, y (2) evita el pandeo de las barras verticales en la columna.

El esfuerzo para momento negativo se toma como  $T = A_s F_y$  y la fuerza de compresión es  $C = T$ .

El momento de diseño aplicado en la cara del nudo es el correspondiente a estas fuerzas máximas,  $M_u = AsF_y \left[ d - \frac{a}{2} \right]$

Varilla No.8

$$T = AsF_y = (3(2.85))(2.81) = 24 \text{ ton}$$

El momento en el nudo se calcula con base a la fuerza de tensión T, la altura efectiva de la viga es de 36 cms y con una altura de bloque

$$a = \frac{AsF_y}{0.85 * F'_c * b_w}$$

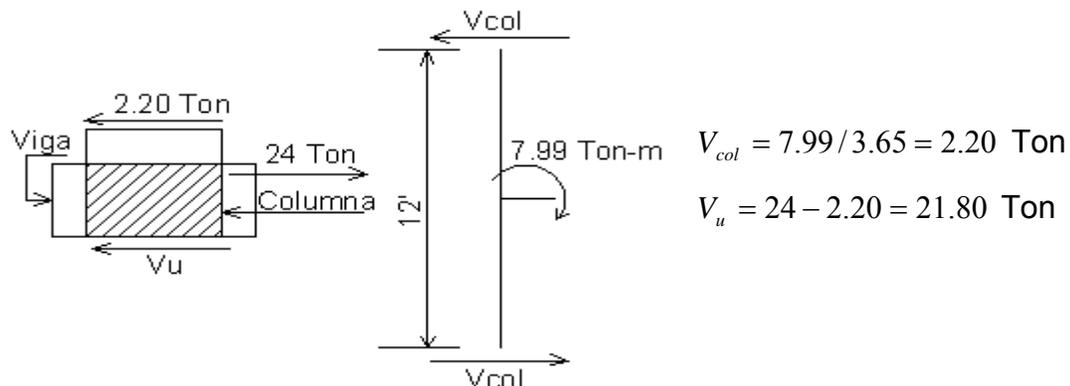
El momento de diseño es:

$$a = \frac{AsF_y}{0.85 * F'_c * b_w} = \frac{(24)}{0.85 * 0.21 * 25} = 5.37 \text{ cms}$$

$$M_u = AsF_y \left[ d - \frac{a}{2} \right] = (24) \left[ 36 - \frac{5.37}{2} \right] = 7.99 \text{ Ton - m.}$$

Los cortantes en la columna correspondiente a este momento en el nudo se encuentran con base al diagrama de cuerpo libre de la columna entre los puntos de inflexión supuestos a la mitad de la altura, como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre.



Calculando el ancho efectivo del nudo; donde  $b_b$  = ancho de viga,  $b_c$  = lado corto de columna y  $h$  = Lado largo de columna.

$$b_j = \frac{b_b + b_c}{2} = \frac{25 + 30}{2} = 27.5 \text{ cms no debe exceder } b_b + h = 25 + 30 = 55 \text{ cms}$$

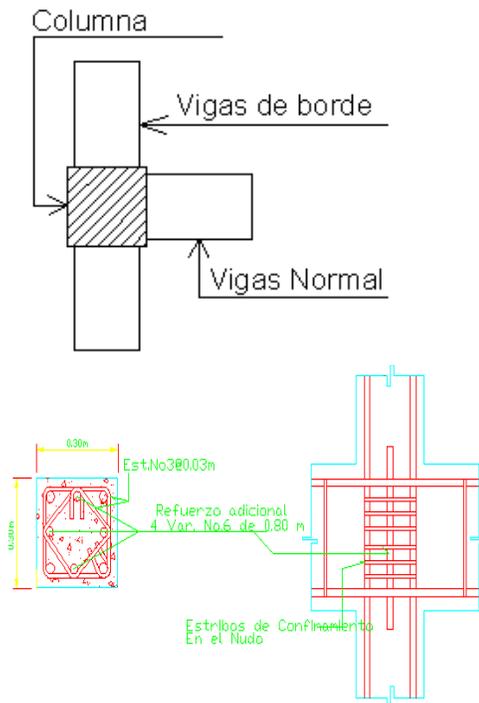
Entonces, la resistencia a cortante nominal y de diseño del nudo son, respectivamente:

$$V_n = \gamma \sqrt{F' c} b_j h = 20 \sqrt{210} * 27.5 * \frac{30}{1000} = 239.11 \text{ Ton}$$

$$\phi V_n = 0.85 * 239.11 = 203.24 \text{ Ton}$$

El cortante aplicado  $V_u = 21.80 \text{ Ton}$ , no excede la resistencia de diseño, de manera que el cortante es satisfactorio.

Figura 35. Nudo exterior.



Las vigas de borde suministran el confinamiento necesario en su dirección. En dirección de la viga normal si es necesario proporcionar confinamiento por lo cual se colocara estribos No.3@0.03m; también se reforzará de acero longitudinal adicional de confinamiento:  $L = 2H$ , donde  $H$  = peralte de la viga, con diámetro de 6/8" a cada lado de la columna.

#### 2.2.7.4 Diseño de zapata

Los cimientos son elementos de la estructura destinados a recibir las cargas propias y las aplicadas exteriormente a la misma; éstos a su vez transmiten la acción de las cargas sobre el suelo.

Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicaran, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Datos: los datos necesarios para el diseño de las zapatas se toman del análisis estructural y del estudio del suelo. Los datos a utilizar para el diseño de esta zapata son los siguientes:

#### DATOS:

Carga última =  $P_u = 32.06$  Ton

Recubrimiento = 7.5 cm

Momento en X =  $M_x = 4.23$  Ton-m

Desplante = 1 m

Momento en Y =  $M_y = 6.29$  Ton-m

Resistencia del concreto  $F'_c = 0.21$  Ton/cm<sup>2</sup>

Resistencia del acero  $F'_y = 2.81$  Ton/cm<sup>2</sup>

Valor soporte del suelo =  $V_S = 15.29$  Ton/cm<sup>2</sup>

Peso específico del concreto =  $Y_c = 2.4$  Ton/cm<sup>2</sup>

Peso específico del suelo =  $Y_c = 1.21$  Ton/cm<sup>2</sup>

$$1. \text{ Factor de carga última} = F_{cu} = \frac{[1.4 * CM + 1.7 * CV]}{CM + CV}$$

$$F_{cu} = \frac{[1.4 * 500 + 1.7 * 400]}{500 + 400} = 1.54$$

$$2. \text{ Cálculo de cargas de trabajo: } P' = P_u / F_{cu} = 32.06 / 1.54 = 20.81 \text{ Ton}$$

$$M'_x = M_x / F_{cu} = 4.23 / 1.54 = 2.74 \text{ Ton-m}$$

$$M'_y = M_y / F_{cu} = 6.29 / 1.54 = 4.08 \text{ Ton-m}$$

### 3. Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = 1.5P' / V_s = (1.5 \cdot 20.81) / 15.29 = 2.04 \text{ m}^2$$

Dada el área se propuso una sección de  $1.45 \times 1.45 = 2.10 \text{ m}^2$ , pero la presión máxima sobre el suelo fue mayor que el  $V_s$ , por lo tanto se deben aumentar las dimensiones de la zapata, hasta que cumpla esta condición. Debido a lo anterior, se propone la siguiente dimensión:  $A_z = 1.90 \times 1.90 = 3.61 \text{ m}^2$

### 4. Chequeo de presión sobre el suelo ( $q$ )

La presión que ejerce la zapata sobre el suelo está dado por medio de la formula siguiente:

$$q = P/A_z \pm M'_x / S_x \pm M'_y / S_y$$

Donde  $S = (1/6)bh^2$ ; además se debe tomar en cuenta que  $q$  no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte del suelo ( $V_s$ ). Para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = (1/6)1.90 \cdot 1.90^2 = 1.14 \text{ m}^3$$

$$P = P' + P_{\text{COLUMNA}} + P_{\text{SUELO}} + P_{\text{CIMENTO}} \\ = 20.81 + (3.80 \cdot 0.30^2 \cdot 2.4) + (3.61 \cdot 1.00 \cdot 1.21) + (3.61 \cdot 0.35 \cdot 2.4) = 29.03 \text{ T}$$

$$q = 29.03 / 3.61 \pm 2.74 / 1.14 \pm 4.08 / 1.14$$

$$q_{\text{MÁX}} = 14.02 \text{ T/m}^2 \quad \text{cumple, no excede el } V_s$$

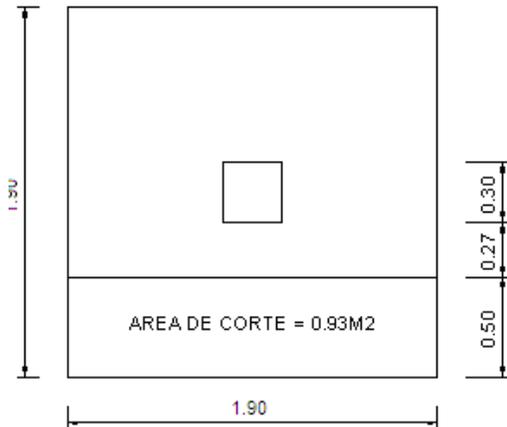
$$q_{\text{MÍN}} = 2.05 \text{ T/m}^2, \text{ cumple } > 0, \text{ no existe presiones de tensión en el suelo.}$$

5. Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_u = q_{\text{MÁX}} \cdot F_{cu} = 14.02 \cdot 1.54 = 21.59 \text{ T/m}^2$$

6. Chequeo por corte simple: la falla de la zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace de la forma indicada a continuación:

Figura 36. Distancia donde ocurre el corte simple



$$d = t - \text{Rec.} - \Phi/2 = 35 - 7.5 - (1.91/2) = 27 \text{ cms}$$

$$V_{act} = A \cdot q_u = 0.93 \cdot 24.65 = 20.07 \text{ Ton}$$

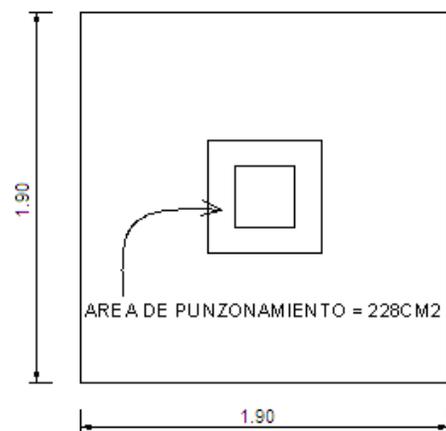
$$V_R = 0.85 \cdot 0.53 (f_c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0.85 \cdot 0.53 (210)^{1/2} (185 \cdot 27) / 1000 = 32.61 \text{ Ton}$$

Como  $V_{act} < V_R$  si chequea por corte simple.

7. Chequeo por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella, alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a  $d/2$  del perímetro de la columna. El chequeo que se realiza es:

Figura 37. Área de punzonamiento



$$30 + d = 30 + 27 = 57 \text{ cm}$$

$$V_{act} = A \cdot q_u = (1.85^2 - 0.57^2) 24.65 = 76.35 \text{ Ton}$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 (f_c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 (210)^{1/2} ((57 \cdot 4) \cdot 27) / 1000 = 80.38 \text{ T}$$

Como  $V_{act} < V_R$ , entonces si chequea por corte punzonante.

8. Diseño de refuerzo: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos. Esto se hace de la manera siguiente:

- Momento último: éste se define tomando la losa en voladizo con la fórmula:  
 $M_u = q_u \cdot L^2 / 2 = 20.07 \cdot 0.85^2 / 2 = 7.25 \text{ Ton-m}$ , donde L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

- Área de acero: el área de acero se define por la fórmula:

$$A_s = (B \cdot d - ((Bd)^2 - (M \cdot b / 0.003825 f_c))^{1/2}) / (0.85 f_c / F_y); A_{s \text{ MIN}} = (14.1 / F_y) \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 11.20 \text{ cm}^2; A_{s \text{ MIN}} = 13.55 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas de refuerzo está definido por:  $S = A_v / A_s$ ; Usando varilla No. 6 se tiene  $S = 2.87 / 13.55 = 0.21 \text{ m}$ . Por seguridad se utiliza un armado final con Var. No.6@0.20 m, en ambos sentidos.

**2.2.8 Planos:** los planos elaborados en este proyecto son

1. Planta amueblada y acotada
2. Planta de cimentación, columnas y detalles estructurales
3. Planta armado de losas y vigas
4. Planta de drenajes sanitarios y bajadas pluviales.
5. Planta de iluminación y fuerzas
6. Fachadas.

## 2.2.9 Presupuesto de la obra

En la elaboración del presupuesto se aplicaron los mismos criterios, que para el caso del alcantarillado sanitario.

**Tabla XV. Presupuesto de edificio escolar**

PROYECTO: UBICACIÓN:		ESCUELA RURAL ALDEA XIX			
No	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P/U	TOTAL
1	Limpieza y chapeo	M <sup>2</sup>	180	Q 5.25	Q945.00
2	Trazo y estaqueado	M <sup>2</sup>	168	Q 8.75	Q1,470.00
3	Excavación estructural	M <sup>3</sup>	75	Q 26.25	Q1,968.75
4	Cimiento corrido	ml	114	Q 228.75	Q26,077.28
5	Zapatas	unidad	22	Q 1,489.90	Q32,777.85
6	Relleno, compactación 0.10 m selecto	M <sup>2</sup>	175	Q 71.51	Q12,513.93
7	Piso de cemento	M <sup>2</sup>	210	Q 72.92	Q15,313.93
8	Solera hidrofuga	ml	114	Q 159.25	Q18,154.28
9	Soleras intermedias	ml	220	Q 77.47	Q17,043.10
10	Solera corona	ml	228	Q 63.14	Q14,395.93
11	Modulo de gradas	global	1	Q 37,477.28	Q37,477.28
12	Columna tipo 1	ml	15	Q 718.93	Q10,783.93
13	Columna tipo 2	ml	15	Q 578.74	Q8,681.14
14	Columna tipo 3	ml	7	Q 1,330.93	Q9,316.53
15	Vigas	ml	112	Q 153.81	Q17,227.10
16	Losa entrepiso y final	M <sup>2</sup>	336	Q 194.90	Q65,487.85
17	Levantado de block pomez	M <sup>2</sup>	475	Q 43.54	Q20,683.10
18	Cernido + repello + pintura	M <sup>2</sup>	368	Q 65.76	Q24,198.28
19	Puertas	unidad	10	Q 1,085.00	Q10,850.00
20	Ventanas	unidad	32	Q 1,280.00	Q40,960.00
21	Instalación hidráulica	global	1	Q 19,000.00	Q19,000.00
22	Cubierta de lamina	M <sup>2</sup>	30	Q 449.19	Q13,475.80
23	Instalación eléctrica	global	1	Q 28,805.40	Q28,805.40
24	Transporte de materiales	global	1	Q 7,500.00	Q7,500.00
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q455,106.45</b>
ADMINISTRACION				15%	Q 68,265.97
DIRECCION TECNICA				10%	Q 45,510.65
UTILIDADES				10%	Q 45,510.65
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>Q 159,287.26</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b>					<b>Q 614,393.71</b>

## CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto de alcantarillado sanitario traerá múltiples beneficios para la aldea Xix, como son: eliminación de focos de contaminación y ploriferación de enfermedades, se evitará el mal aspecto que ocasionan las aguas negras que corren a flor de tierra y lo mas importante es que mejorará la calidad de vida de más de 2,000 personas.
2. El proyecto de alcantarillado sanitario es un proyecto que tiene una longitud lineal de 6427 m. Se decidió la utilización de tubería de P.V.C. norma 3034, por las razones siguientes: facilidad y rapidez en su instalación, permite que la ejecución del proyecto se realice en un menor tiempo, el transporte y manipulación de la tubería no requiere de equipo especial, por lo que el costo es mas barato.
3. En el diseño estructural del edificio escolar se aplicaron diferentes criterios, de los cuales los más importantes están contenidos en el reglamento A.C.I, èsto con el propósito de garantizar una estructura segura, por estar ubicada en zona sísmica.
4. El presupuesto de los proyectos se elaboró con base a precios unitarios, con el propósito de facilitar la calificación de las empresas que se inviten a cotizar la ejecución de las obras, así también dentro de este presupuesto se consideró la aplicación de criterios como: precios de materiales que se manejan en la región y salarios de mano de obra calificada y no calificada, propios del lugar.



## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Chajul

1. Proporcionar el apoyo necesario para la realización de los proyectos, así como implementar el mantenimiento necesario, para conservarlos en óptimas condiciones.
2. Actualizar los precios presentados en los presupuestos, antes de su contratación, porque los precios de los materiales están sujetos a cambios por variaciones en la economía.
3. Apoyar al Comité de la aldea Xix, en aspectos de asesoría profesional y legal; al momento de cotizar, contratar y construir dicho proyecto.

Al comité de Chajul

1. Organizarse para la ejecución de los proyectos, esto les facilitará la adquisición de ayuda con instituciones nacionales e internacionales.
2. Utilizar la mano de obra local, para la construcción del proyecto; como un aporte de la comunidad y realizar campañas informativas sobre el uso adecuado de las aguas residuales.



## BIBLIOGRAFÍA

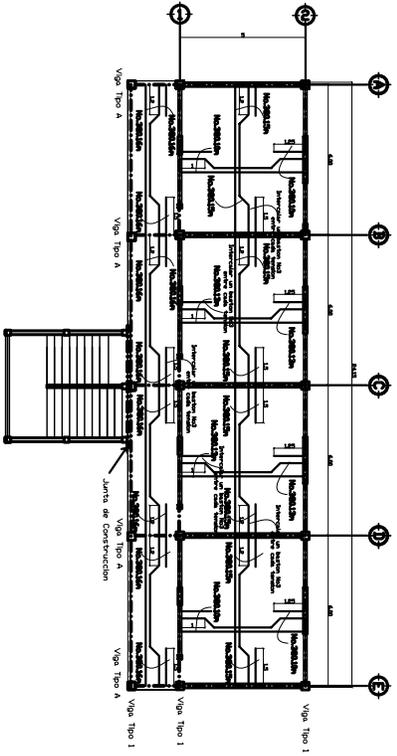
1. Nilson, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. Colombia: editorial McGRAW-HILL Interamericana, S.A. 2001. 772pp.
2. Comité ACI 318. Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-95) y comentarios. México: Editorial Limusa. 1995. 152pp.
3. Instituto de Fomento Municipal. Normas Generales para Diseño de Alcantarillado. Guatemala. 1998. 35pp.
4. Sic García, Ángel Roberto. Guía teórica y práctica del curso de Concreto Armado 2. trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1988. 326pp.
5. Ávila Contreras, Salvador Enrique. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de la Aldea Joya Grande, Zaragoza. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 125pp.
6. Ortiz Sobalvarro, Luís Edgardo. Planificación y Diseño de la red de drenaje sanitario de la cabecera municipal de chuarrancho. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 66pp.

7. Castillo Sipaque, Elisa Castillo. Diseño de edificación escolar de dos niveles Caserío el Cuntic y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable Aldea las Lomas, Municipio de Zaragoza, Chimaltenango. Trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 120pp.
  
8. Paredes Ruiz, Paola Anaitee. Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 135pp.

## **APÉNDICE 1**

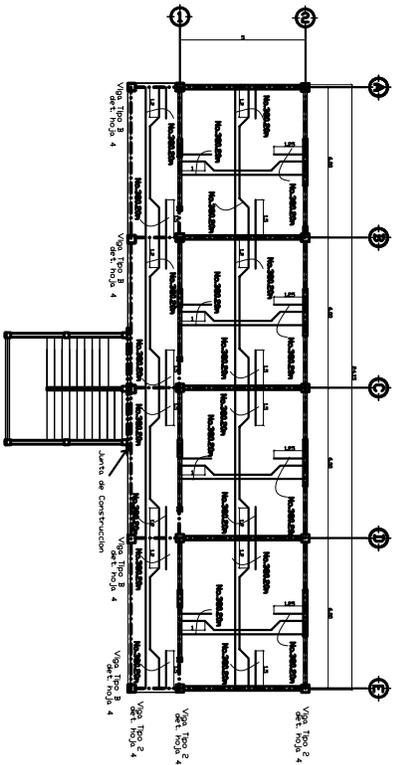
- PLANOS CONSTRUCTIVOS – ALCANTARILLADO SANITARIO
- PLANOS CONSTRUCTIVOS – EDIFICIO DE AULAS





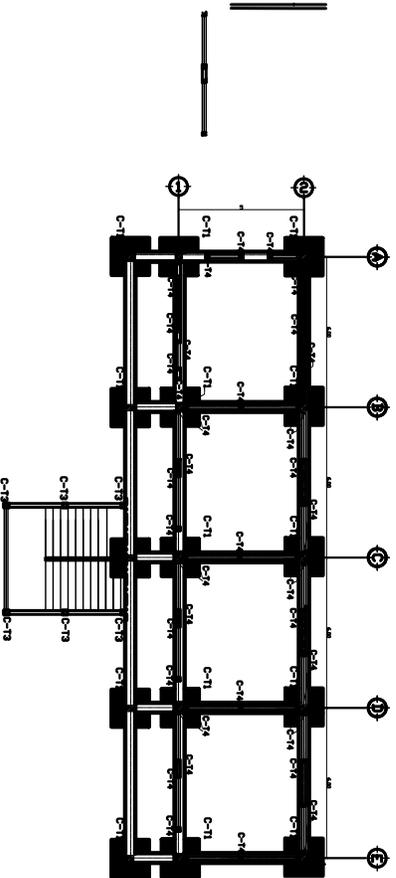
PLANTA BAJA TECHOS

ESCALA 1:100



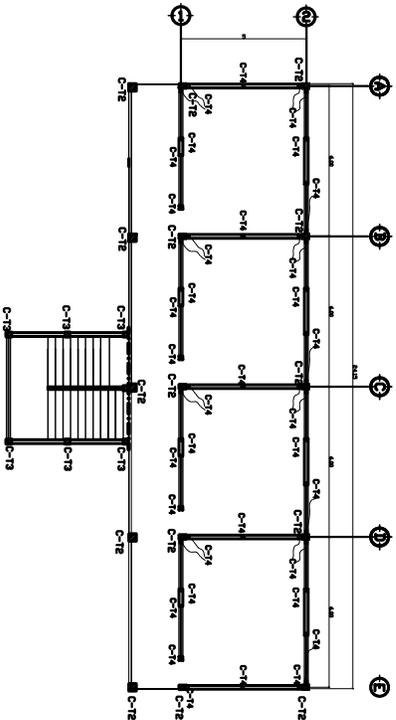
PLANTA ALTA TECHOS

ESCALA 1:100



PLANTA BAJA CIMIENTOS

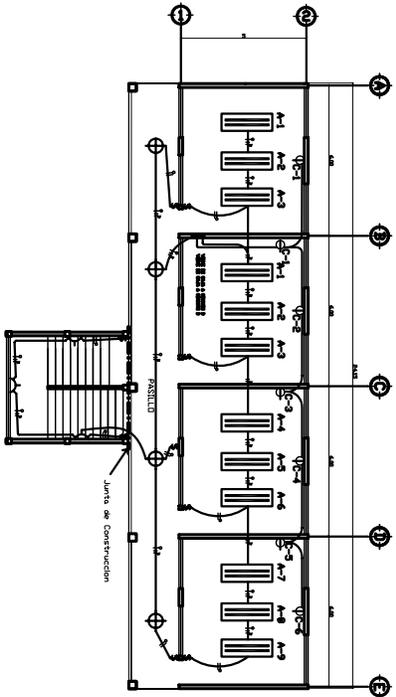
ESCALA 1:100



PLANTA ALTA CIMIENTOS

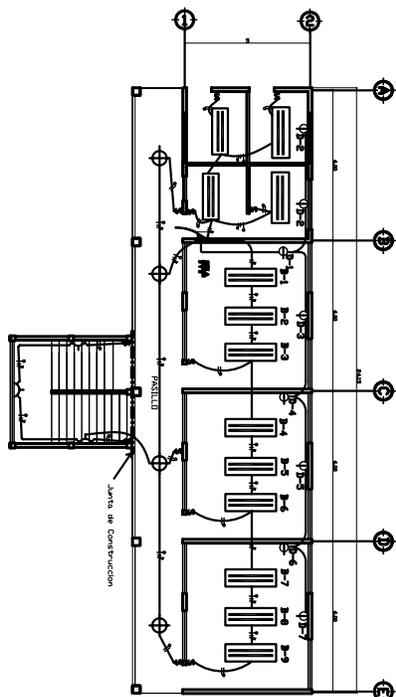
ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: PASADIZO DE LA CALLE 15	
CONTENIDO: PLANOS DE ESTRUCTURA	
FECHA: 15/05/2008	PROFESOR: DR. ALVARO MORALES
DISEÑO: JUAN CARLOS GONZALEZ	ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ
REVISOR Y CALIFICADOR: JUAN CARLOS GONZALEZ	ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ
GRUPO: 5	ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ
ESCALA: 1:100	ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ
NOVEDAD:	ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ



PLANTA BAJA ELECTRICA LUZ, FUERZA

ESCALA 1:100



PLANTA ALTA ELECTRICA LUZ, FUERZA

ESCALA 1:100

**NOMENCLATURA**

TABLERO DE DISTRIBUCION	
☑	LAMPARA FLUORESCENTE EN CIELO
⊖	TOMACORRIENTE DOBLE
\$	INTERRUPTOR SIMPLE
—	TUBERIA EN CIELO
—	TUBERIA BAJO PISO
	LINEA VIVA
?	LINEA NEUTRO
?	LINEA RETORNO
○	SIIBE DE PRIMERIO A SEGUNDO NIVEL

**CAJA DE DISTRIBUCION**

CIRCUITOS	UNIDADES	USD	WATTS	AMPERIOS
A	9	ILUMINACION	900 WATTS	81818 AMPERIOS
B	9	ILUMINACION	900 WATTS	81818 AMPERIOS
C	6	FUERZA	600 WATTS	54545 AMPERIOS
D	6	FUERZA	600 WATTS	54545 AMPERIOS

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

PROFESOR: **ING. ALDO M. ESCOBAR**

ALUMNO: **SAN DIEGO GONZALEZ GONZALEZ**

FECHA: **ABRIL 2006**

GRUPO: **3 5**

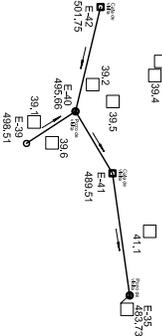
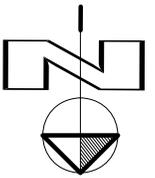
FECHA:	ABRIL 2006
GRUPO:	3 5
ALUMNO:	SAN DIEGO GONZALEZ GONZALEZ
PROFESOR:	ING. ALDO M. ESCOBAR
ASIGNATURA:	INGENIERIA EN ELECTRICIDAD
ESCALA:	1:100



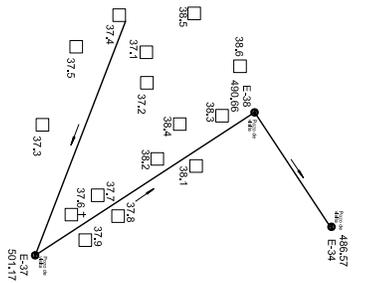
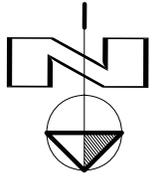




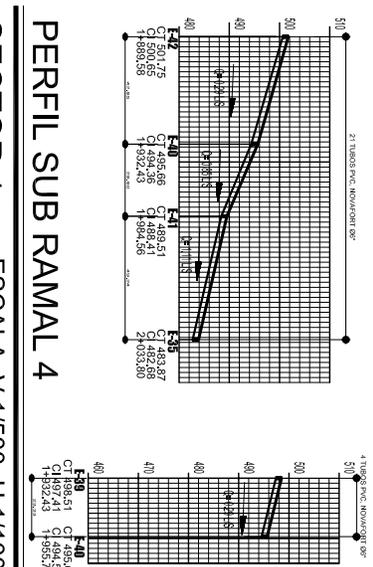
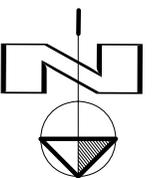
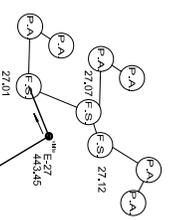




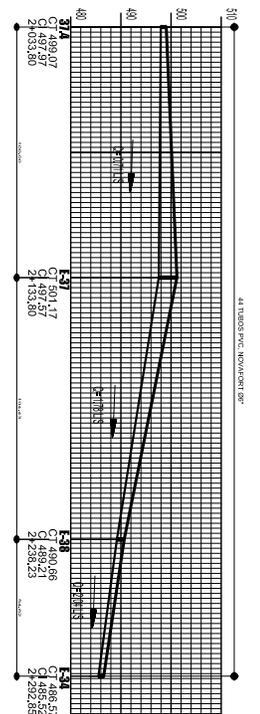
PLANTA SUB RAMAL 4  
SECTOR 1 ESCALA: 1/1000



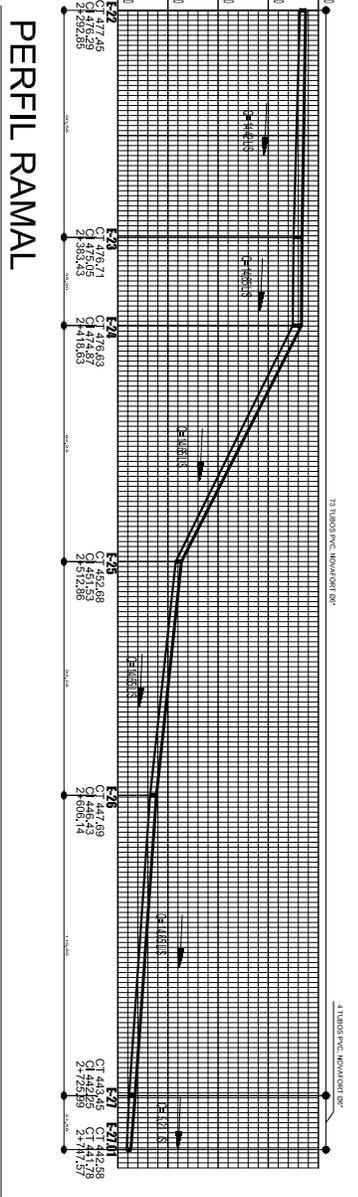
PLANTA SUB RAMAL 5  
SECTOR 1 ESCALA: 1/1000



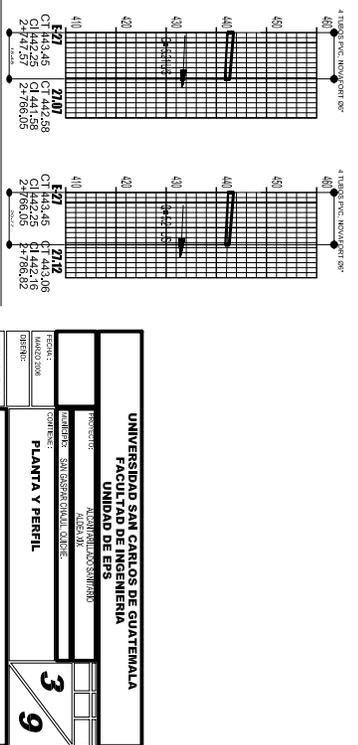
PERFIL SUB RAMAL 4  
SECTOR 1 ESCALA: V:1/500 H:1/1000



PERFIL SUB RAMAL 5  
SECTOR 1 ESCALA: V:1/500 H:1/1000



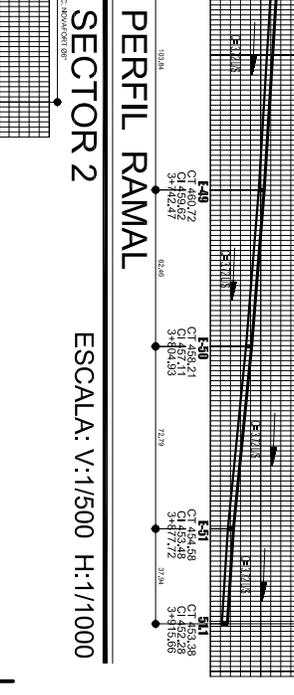
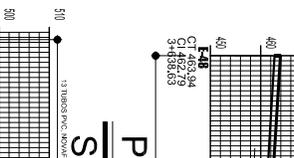
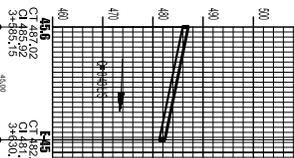
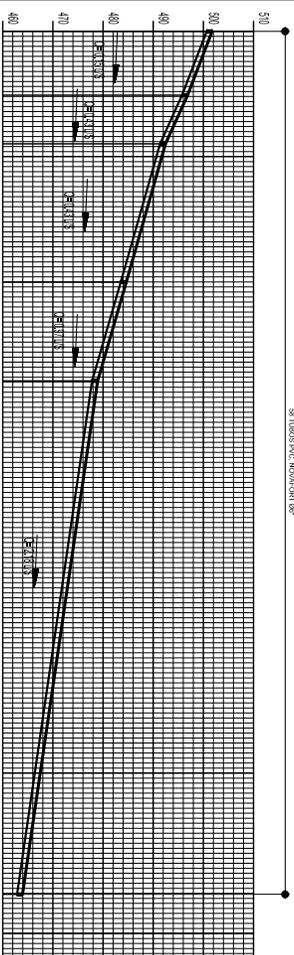
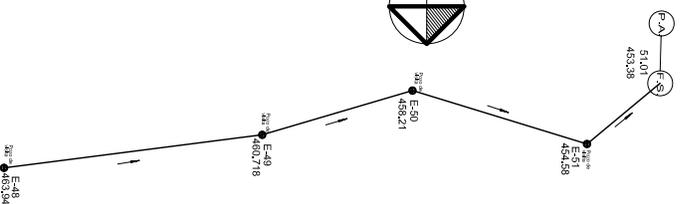
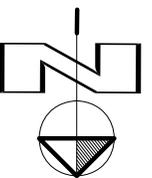
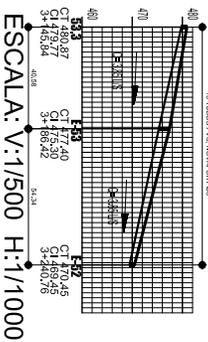
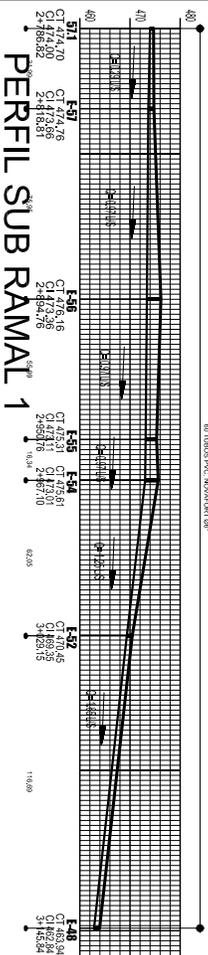
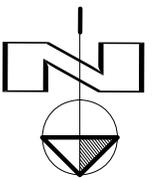
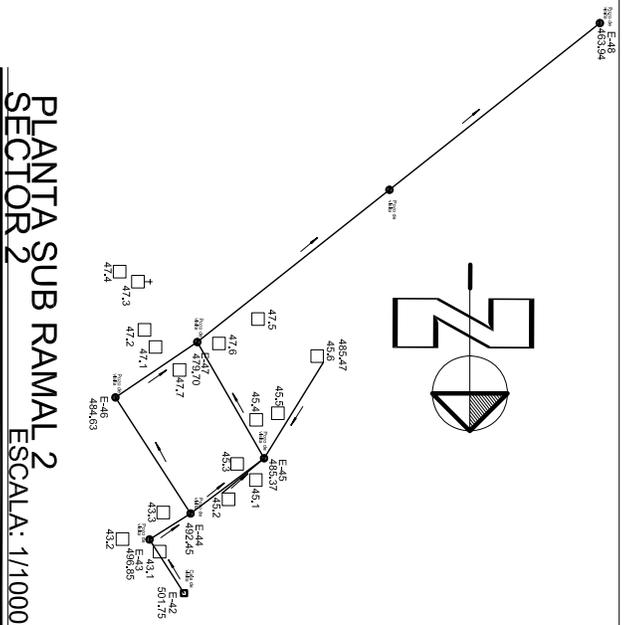
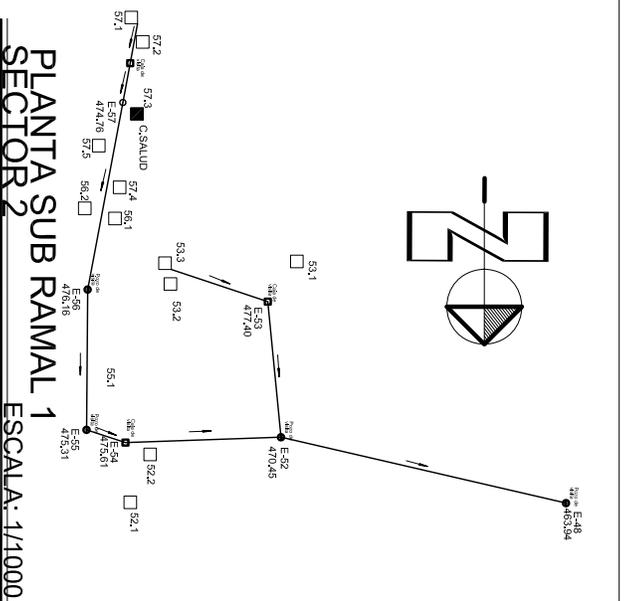
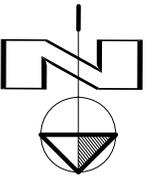
PERFIL RAMAL  
SECTOR 1 ESCALA: V:1/500 H:1/1000



PERFIL RAMAL  
SECTOR 1 ESCALA: V:1/500 H:1/1000

PLANTA RAMAL  
SECTOR 1 ESCALA: 1/1000

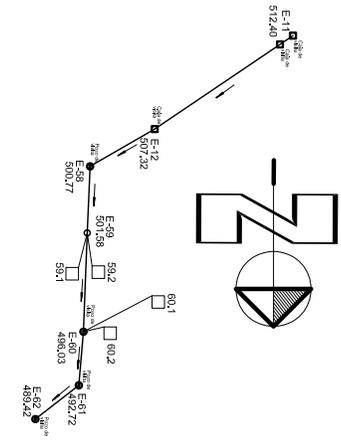
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
ALUMNO: [Nombre]	
COMENTE: SIN GOBIERNO DEL DISEÑO	
FECHA:	3
TITULO:	9
REVISOR:	
ESCALA:	
INSTRUMENTO:	



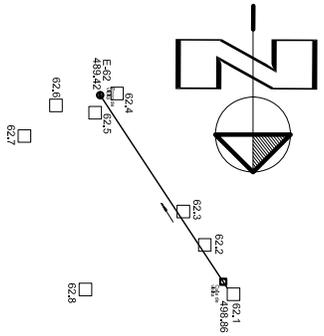
PERFIL SUB RAMAL 2

SECTOR 2 ESCALA: V:1/500 H:1/1000

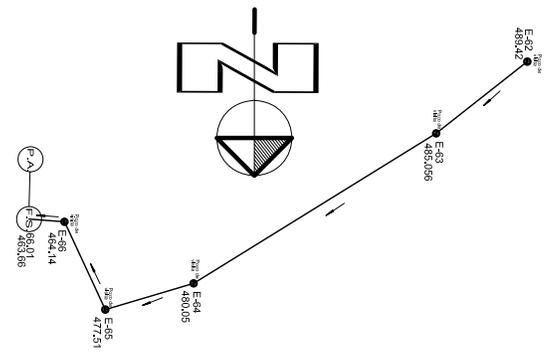
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERIA		UNIDAD DE EPS	
PROYECTO: ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO	
CONTRATO: SIN GUBERNAMENTAL		ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO	
FECHA: 2018		2018		2018	
DISEÑO: 4		4		4	
REVISOR: 9		9		9	
REVISOR CALCULO:		ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO	
ELABORA:		ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO	
INTERCALA:		ALCANTARILLADO		ALCANTARILLADO	



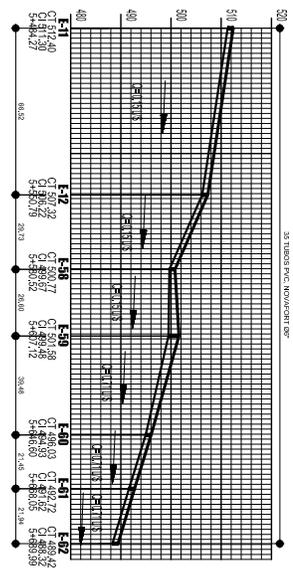
PLANTA SUB RAMAL 1  
SECTOR 3 ESCALA: 1/1000



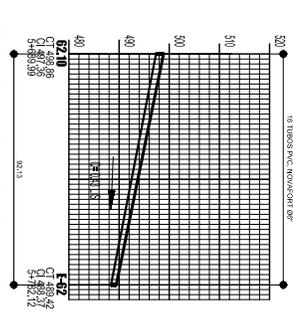
PLANTA SUB RAMAL 2  
SECTOR 3 ESCALA: 1/1000



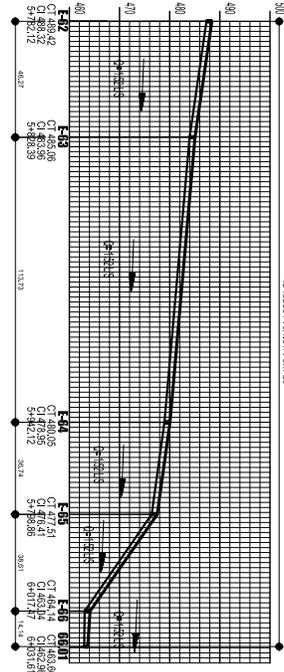
PLANTA RAMAL  
SECTOR 3 ESCALA: 1/1000



PERFIL SUB RAMAL 1  
SECTOR 3 ESCALA: V:1/500 H:1/1000

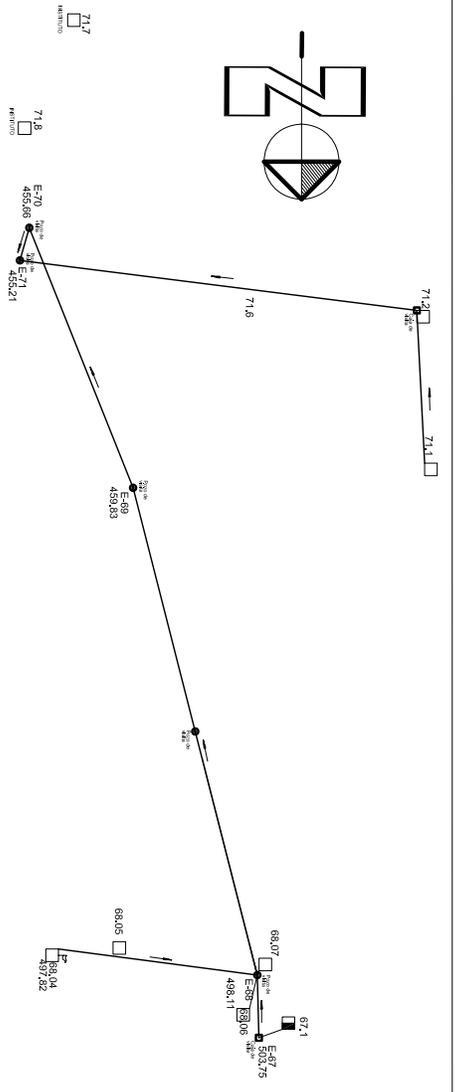


PERFIL SUB RAMAL 2  
SECTOR 3 ESCALA: V:1/500 H:1/1000

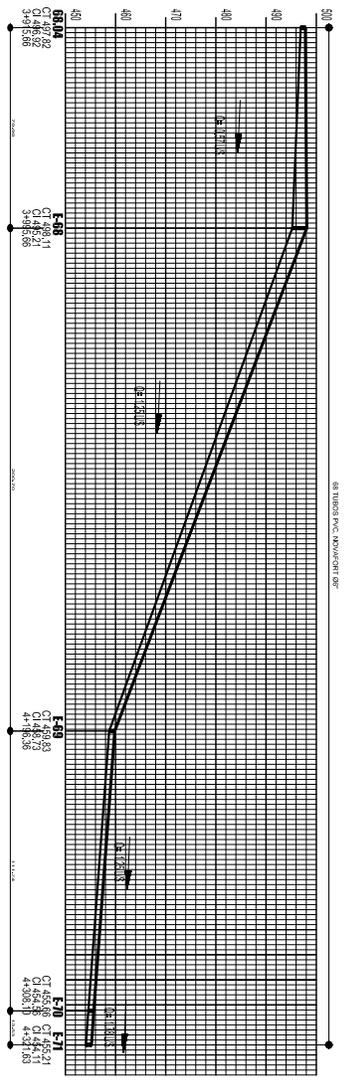


PERFIL RAMAL  
SECTOR 3 ESCALA: V:1/500 H:1/1000

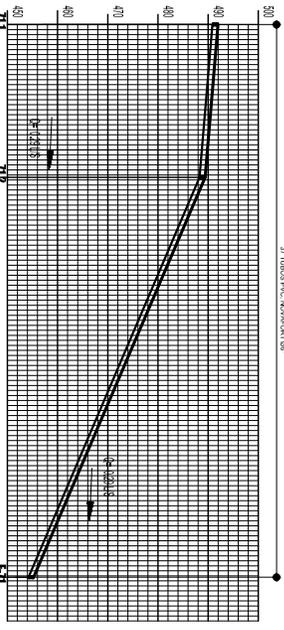
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE EPS	
ALCALDIA MUNICIPAL	
PLANTA Y PERFIL	
5/9	
ALCALDIA MUNICIPAL	
INGENIERIA	



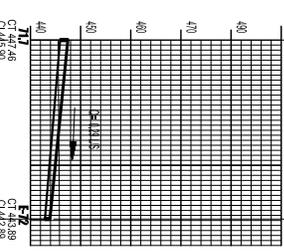
PLANTA SUB RAMAL 1  
SECTOR 4  
ESCALA: 1/1000



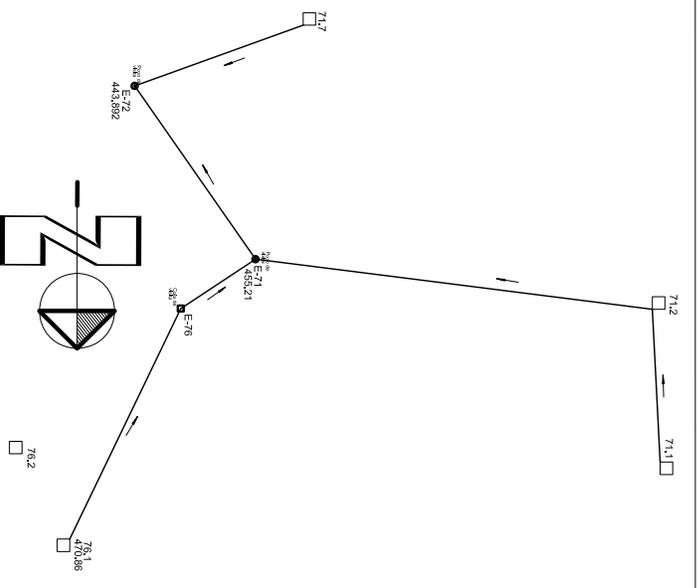
PERFIL SUB RAMAL 1  
SECTOR 4  
ESCALA: V:1/500 H:1/1000



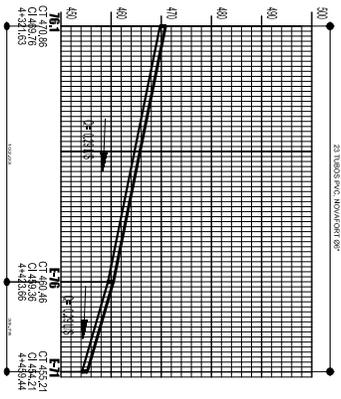
PERFIL SUB RAMAL 3  
SECTOR 4  
ESCALA: V:1/500 H:1/1000



PERFIL SUB RAMAL 4  
SECTOR 4  
ESCALA: V:1/500 H:1/1000

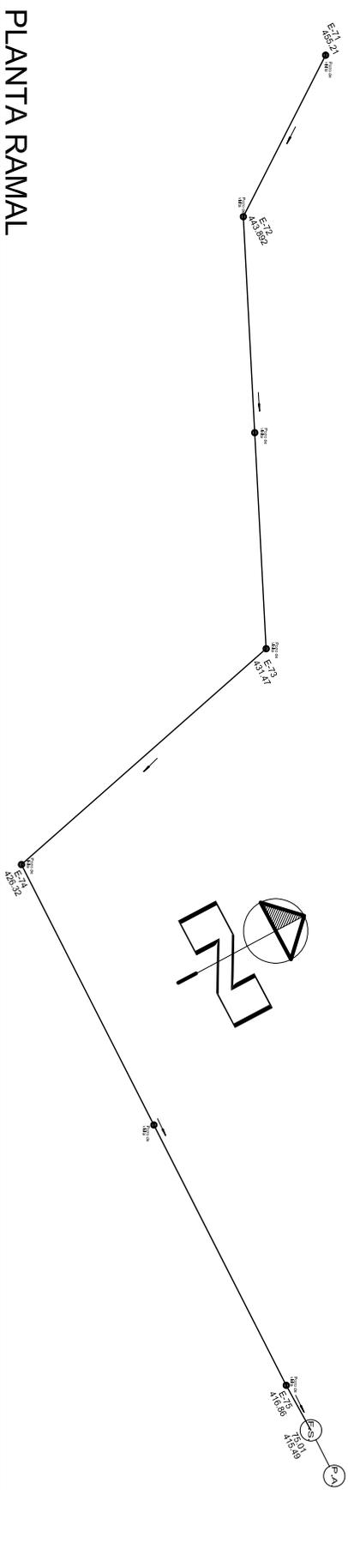


PLANTA SUB RAMAL 2,3 Y 4  
SECTOR 4  
ESCALA: 1/1000



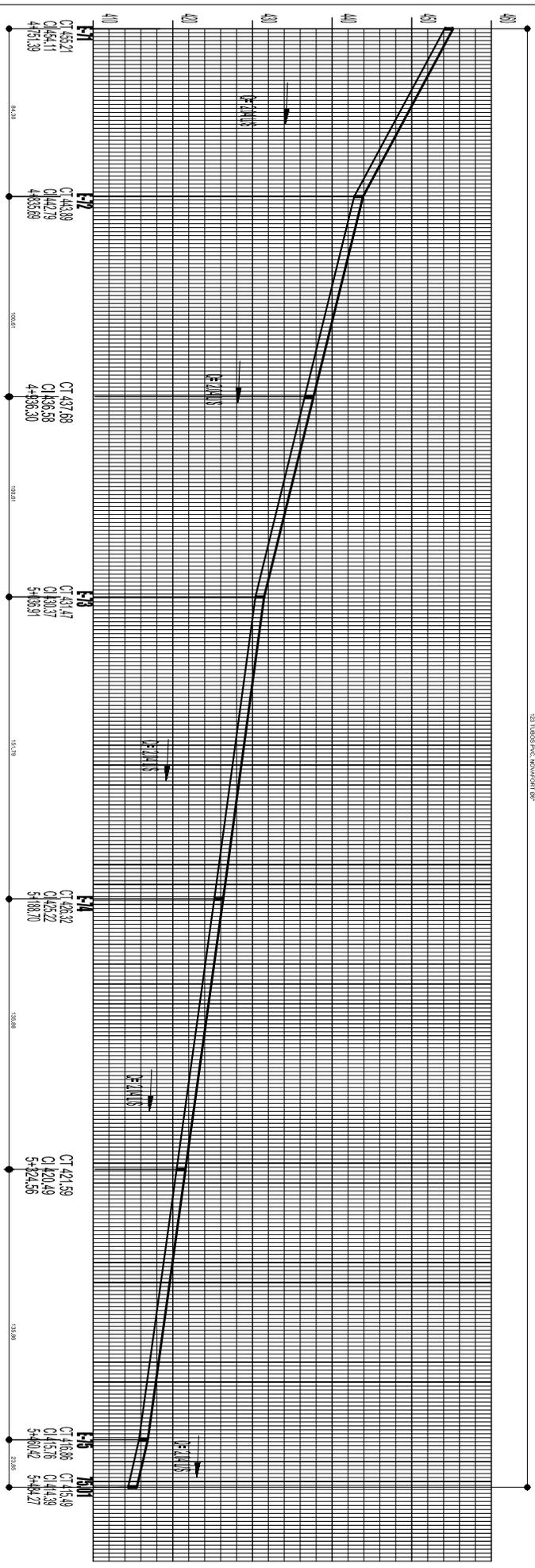
PERFIL SUB RAMAL 2  
SECTOR 4

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
PROFESOR	ALCALDE MUNICIPAL
COMITÉ	COMITÉ
REVISOR Y CALCULO:	ACALDE MUNICIPAL
REVISOR:	ING. ARQUITECTO
ESCALA:	INICIAL



**PLANTA RAMAL**  
**SECTOR 4**

ESCALA: 1/1000



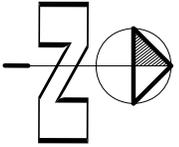
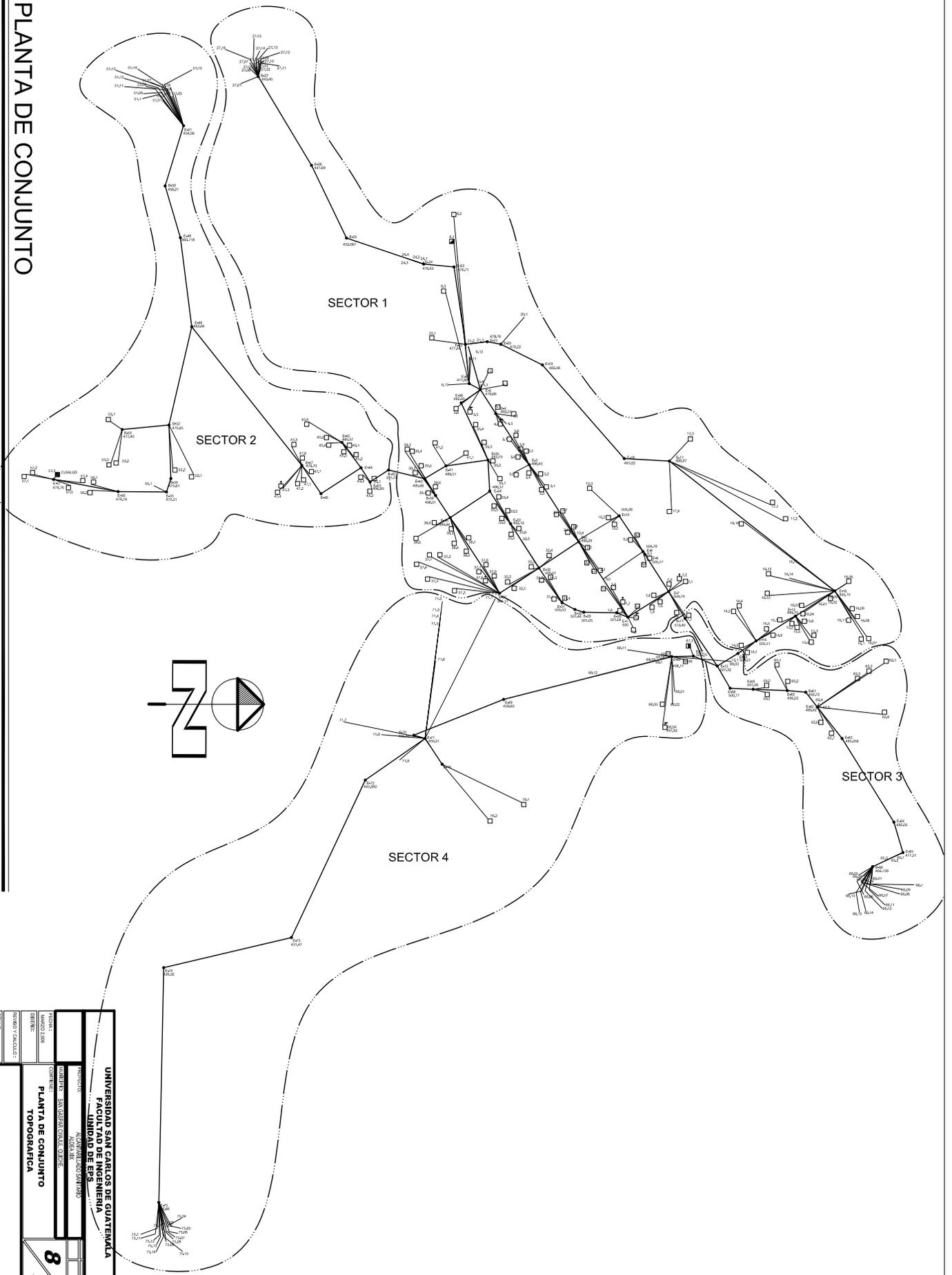
**PERFIL RAMAL**  
**SECTOR 4**

ESCALA: V:1/250 H:1/1000

<b>UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS	
AUTORIDAD: ALCALDE MUNICIPAL	ALCALDE MUNICIPAL
FECHA: 07/08/2018	PLAN Y PERFIL
TITULO: RESEÑA Y CALCULO	7/9
ESCALA: 1/1000	ALCALDE MUNICIPAL

# PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA: 1/2000



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
ALCALDE MUNICIPAL	
PROYECTO:	ALCALDE MUNICIPAL
CLIENTE:	SAN GABRIEL DEL CAJON
FECHA:	2010
INGENIERO:	ALCALDE MUNICIPAL
REVISOR:	ALCALDE MUNICIPAL
ESCALA:	1/2000
INDICACION:	INDICACION
<b>8</b>	
<b>9</b>	

